

**SIMULACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LA FRACCIÓN RESPIRABLE PM₁₀
MEDIANTE ISCST3 EN LAS ACTIVIDADES MINERAS DE LA CANTERA
UBICADA EN EL KM 5 AUTOPISTA BARRANQUILLA - PUERTO COLOMBIA.**

**JEAM PAUL ARCÓN SOLANO
TANIA MARGARITA LÓPEZ FUENTES**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE INGENIERA AMBIENTAL
BARRANQUILLA – ATLANTICO**

2016

**SIMULACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LA FRACCIÓN RESPIRABLE PM₁₀
MEDIANTE ISCST3 EN LAS ACTIVIDADES MINERAS DE LA CANTERA
UBICADA EN EL KM 5 AUTOPISTA BARRANQUILLA - PUERTO COLOMBIA.**

JEAM PAUL ARCÓN SOLANO

TANIA MARGARITA LÓPEZ FUENTES

**Trabajo de Grado para Optar el título de
Ingeniero Ambiental**

Directora:

ELIANA LIZETH VERGARA VÁSQUEZ

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE INGENIERA AMBIENTAL
BARRANQUILLA – ATLANTICO**

2016

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

AGRADECIMIENTOS

Tania López

Agradezco a Dios por acompañarme en cada paso de la vida y estar en mi corazón en las tristezas y en las alegrías. Porque no ha sido un camino fácil hasta ahora, pero con todo y sus dificultades ha tenido sabor a gloria.

A mis padres porque aunque ya no me llevan de la mano, me guían sus sabios consejos. Eleana Fuentes González e Iván Rafael López Romero, un agradecimiento queda corto ante la magnitud de sus esfuerzos por llevarme a ser lo que soy hoy día: una gran persona y una excelente profesional.

A mis hermanos Oscar López Fuentes y Leonardo López Fuentes por sus enseñanzas, motivación y apoyo constante.

A Eliana Vergara Vázquez y Andrés Vélez Pereira, mis tutores. Excelentes maestros de quienes aprendí lo que hoy día me enorgullece.

A Jeam Paul Arcón, mi colega y compañero de trasnochos, agradezco su paciencia, tenacidad y perseverancia. El apoyo mutuo que ha dado los mejores resultados.

A Cristina Pacheco García y Linda Pérez Taffur, Vanessa Saldarriaga Soto, mis hermanas de corazón. Siempre celebran mis triunfos y me acompaña en mis pesares. Gracias por su constante apoyo.

A los familiares y amistades que siempre atentos desean siempre lo mejor para mi vida personal y profesional.

Por último a mi persona, por el empeño, dedicación y sacrificio para alcanzar lo que he logrado hasta ahora. Nunca dejo de asombrarme de mí misma.

Jeam Paul Arcon Solano

Para este trabajo de grado es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron distintas personas opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo y acompañando en los momentos de crisis.

En primer lugar, a mi familia que lo es todo, mi madre Leda Solano de la Hoz y mi padre Alfonso Arcón Cantillo por ese apoyo incondicional y entendieron mis ausencia y malos momentos, que a pesar de la distancia siempre estuvieron a mi lado para saber cómo iba mi proceso. Mis palabras no serán suficientes para testimoniar mi aprecio y agradecimiento.

A mis hermanos Damis, Gautier, Eder y Amalin que desde el inicio me ayudaron a que fuera todo posible.

Me gustaría agradecer sinceramente a mi asesor de Trabajo de Grado, Eliana Lizeth Vergara Vásquez, por sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia y su motivación la cual ha sido fundamental para mi formación.

A mi compañera Tania López Fuentes, esto se logra por ser un trabajo en conjunto, y en los momentos difíciles siempre me permitiste sobrellevarlos, gracias por aguantarme y escucharme. Felicidades por este logro.

Un especial agradecimiento a mis amigos incondicionales, Arturo, José, Dari, Alexa, Silvia, Jhonathan y Jhon por sus aportes, ideas, escucha y revisiones.

Gracias Dios... después de esto sigo vivo :D.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	16
JUSTIFICACIÓN	19
1. OBJETIVOS	20
1.1. Objetivo General.....	20
1.2. Objetivos Específicos	20
2. MARCO REFERENCIAL.....	21
2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	21
2.2. mARCO HISTÓRICO	25
2.3. MARCO LEGAL.....	30
3. DISEÑO METODOLOGICO	35
3.1. DELIMITACIÓN	35
3.1.1. Delimitación Espacial	35
3.1.2. Delimitación Poblacional	35
3.1.3. Delimitación Temporal.....	36
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.3.1. Técnicas de recolección de la información primaria.....	36
3.3.2. Técnica de recolección de información secundaria.....	37
3.4. MÉTODO EXPERIMENTAL	38
3.4.1. Objetivo 1. Determinar la variación temporal de la fracción respirable PM ₁₀ en la actividad minera (canteras).....	38
3.4.1.1. Localización del sitio de muestreo.	38
3.4.1.2. Equipos y mediciones en campo.....	39
3.4.1.3. Frecuencia de los Monitoreos:	40
3.4.1.4. Analisis y presentación de la información.	41

3.4.2. Objetivo 2. Establecer la variación espacial fracción respirable PM ₁₀ en la actividad minera (canteras) utilizando el modelo ISCST3.....	42
3.4.2.1. Cálculo de tasa de emisión.	42
3.4.2.2. Meteorología	42
3.4.2.3. Modelación en el ISCST3:.....	45
3.4.2.4. Archivo de mensajes de error.	51
3.4.2.5. Ejecución del modelo y revisión de resultados.....	52
3.4.2.6. Archivo de salida .OUT:	52
3.4.2.7. Validación del modelo ISCST3.....	52
3.4.2.8. Cálculo de las concentraciones de fondo.....	53
3.4.3. Objetivo 3. Identificar las áreas de influencia de la fracción respirable PM ₁₀ generadas por las actividades mineras (canteras).....	54
3.4.3.1. Especificaciones de la grilla y el grupo de receptores.....	54
4. AREA DE ESTUDIO.....	56
4.1.LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	56
4.2.CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	56
4.2.1. Suelo	56
4.2.2. Flora.....	57
4.2.3. Perfil estratigráfico.....	57
4.2.4. Actividades económicas principales.....	57
4.3.COMPONENTE METEREOLÓGICO	58
4.3.1. Temperatura.....	59
4.3.2. Humedad.....	60
4.3.3. Precipitación.....	61
4.3.4. Presión Atmosférica	62
4.3.5. Velocidad Y Dirección Del Viento.....	63
4.4.CARACTERISTICAS RELEVANTES DE FUENTES.....	68
4.4.1. Fuentes fijas	68
4.4.1.1. Cantera	68
4.4.1.2. Quemaz.....	68
4.4.2. Fuentes móviles	69
4.4.2.1. Automóviles.....	69

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	70
5.1.OBJETIVO 1: Determinar la variación temporal de la fracción respirable PM ₁₀ en la actividad minera de la cantera.	70
5.1.1. Cálculo de concentraciones de PM ₁₀	70
5.1.2. Cálculo de las concentraciones de fondo	72
5.2.OBJETIVO 2: Establecer la variación espacial fracción respirable PM ₁₀ de la cantera ubicada en el km 5 autopista Barranquilla - Puerto Colombia utilizando el modelo ISCST3.....	73
5.2.1. Estructuración de la imagen de entrada.	73
5.2.2. Resultados de la ejecución del modelo (.OUT).	82
5.2.3. Validación del modelo ISCST3.....	82
5.3.OBJETIVO 3: Identificar el área de influencia de la fracción respirable PM ₁₀ generada en la actividad minera de la cantera ubicada en el km 5 autopista Barranquilla - Puerto Colombia.	83
5.3.1. Postprocesamiento de la simulación	83
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Coordenadas en UTM y Magna Sirgas de la Cantera.	35
Tabla 2. Categorías de estabilidad para períodos diurnos, condiciones convectivas.	43
Tabla 3. Categorías de estabilidad para períodos nocturnos, condiciones estables.	43
Tabla 4. Clases de estabilidad atmosférica.	43
Tabla 5. Longitud de aspereza superficial en metros.....	45
Tabla 6. Grupo de receptores y sus coordenadas	55
Tabla 7. Concentración máxima y mínima de PM ₁₀ y cumplimiento de la Norma..	70
Tabla 8. Resultados de la validación del modelo ISCST3 con el RMS.....	83
Tabla 9. Concentraciones de PM ₁₀ en los lugares de interés para marzo.	85
Tabla 10. Concentraciones de PM ₁₀ en los lugares de interés para abril.	87
Tabla 11. Concentraciones de PM ₁₀ en los lugares de interés para mayo.	89
Tabla 12. Concentraciones de PM ₁₀ en los lugares de interés para junio.....	91

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Distrito Minero Calamarí del Atlántico.....	18
Ilustración 2. Esquema de la problemática	18
Ilustración 3. Proceso de modelación y simulación de ISCST3.	25
Ilustración 4. Geoposición de la Cantera	36
Ilustración 5. Equipo de medición Partisol 2000i en área de estudio.	39
Ilustración 6. Diagrama de procedimiento de muestreo en etapas antes, durante y después.	40
Ilustración 7. Ejemplo de línea de entrada de un archivo de flujos.	47
Ilustración 8. Grilla para la simulación y el posprocesamiento.....	54
Ilustración 9. Grupo de receptores.....	55
Ilustración 10. Proceso productivo en la cantera objeto de estudio.	58
Ilustración 11. Estructura del archivo .met.	73
Ilustración 12. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM ₁₀ proveniente de la cantera. Mes marzo.	84
Ilustración 13. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM ₁₀ proveniente de la cantera. Mes abril.....	86
Ilustración 14. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM ₁₀ proveniente de la cantera. Mes mayo.	88
Ilustración 15. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM ₁₀ proveniente de la cantera. Mes junio.....	90

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Temperatura durante los meses de muestreo.....	59
Gráfica 2. Humedad durante meses de muestreo.	60
Gráfica 3. Precipitación meses de muestreo.....	61
Gráfica 4. Presión atmosférica meses de muestreo.	62
Gráfica 5. Rosetas de viento del mes de marzo	63
Gráfica 6. Rosetas de viento del mes de abril.	64
Gráfica 7. Rosetas de viento del mes de mayo	65
Gráfica 8. Rosetas de viento del mes de junio.....	67
Gráfica 9. Concentración de la fracción respirable PM ₁₀ durante los cuatro (4) meses de medición.	71
Gráfica 10. Distribución de frecuencia acumulativa log normal de PM ₁₀ en la cantera.....	72

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Cálculo de las concentraciones de PM10 a condiciones de referencia. .	98
Anexo 2. Archivo .OUT Marzo.	99
Anexo 3. Archivo .OUT Abril.	114
Anexo 4. Archivo .OUT Mayo.....	128
Anexo 5. Archivo .OUT Junio.....	144
Anexo 6. Tabla de distribución normal (Lognormal).....	159
Anexo 7. Calculo del RMS para el mes de marzo.....	160
Anexo 8. Calculo del RMS para el mes de junio.	160
Anexo 9. Calculo del RMS para el mes de mayo.....	160
Anexo 10. Calculo del RMS para el mes de junio.	161
Anexo 11. Grid Report de la Simulación en Surfer para marzo	161
Anexo 12. Grid Report de la Simulación en Surfer para abril	168
Anexo 13. Grid Report de la Simulación en Surfer para mayo	174
Anexo 14. Grid Report de la Simulación en Surfer para junio.....	181

RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

TITULO	SIMULACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LA FRACCIÓN RESPIRABLE PM ₁₀ MEDIANTE ISCT3 EN LAS ACTIVIDADES MINERAS DE LA CANTERA UBICADA EN EL KM 5 AUTOPISTA BARRANQUILLA - PUERTO COLOMBIA.
AUTORES	Jeam P. Arcón Solano, Tania M. López Fuentes
FACULTAD	Ciencias Ambientales
DIRECTORA	Eliana L. Vergara Vásquez

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo modelar y visualizar el comportamiento del material particulado PM₁₀ proveniente de las actividades de la cantera de materiales de construcción ubicada en Puerto Colombia, Atlántico con el modelo ISCST3. Se muestrea el PM₁₀ en campo durante cuatro meses (época seca) con el equipo semiautomático Partisol 2000i siguiendo los lineamientos del estándar EPA 40 CFR Pt. 50 App. J. Las concentraciones calculadas son comparadas con la Resolución 610 de 2010 evidenciando el cumplimiento de los valores máximos permisibles de PM₁₀ para 24 horas y anual. Las concentraciones de fondo se calculan por medio de las distribuciones de frecuencia acumulativa Log Normal concluyendo que el 20% de las concentraciones son de fondo, 50% corresponden a fuentes cercanas y factores meteorológicos y un 10% pertenecen a otras fuentes. Posteriormente se obtiene información meteorológica de la estación Ernesto Cortissoz del IDEAM y se calculan la estabilidad y altura de mezcla. Así

mismo se establece una grilla con los receptores para continuar con la ejecución del modelo. Finalizada la ejecución del modelo se obtiene la simulación para los cuatro meses de muestreo. El modelo se valida por el método del error de la raíz media cuadrática (RMS) por cada mes de muestreo donde se concluye que hubo una buena correlación entre lo observado en campo y lo calculado en los meses de marzo, abril y junio, contrario al valor inaceptable para el mes de mayo. Los resultados arrojados por el modelo presentan que las poblaciones más afectadas con la contaminación de PM₁₀ son las ubicadas en el suroeste a causa de la dirección del viento. Sin embargo la población ubicada en el interior de la cantera está expuesta a concentraciones máximas de 110 µg/m³ contribuyendo a posibles afectaciones en la salud.

PALABRAS CLAVES: Cantera, ISCT3, Material Particulado PM₁₀, Minería.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE	SIMULATION OF THE DISPERSION OF THE RESPIRABLE FRACTION (PM ₁₀) BY MODEL ISCST3 MINING IN THE QUARRY LOCATED AT KM 5 FREEWAY BARRANQUILLA - PUERTO COLOMBIA
AUTHORS	Jeam P. Arcón Solano, Tania M. López Fuentes
FACULTY	Environmental Science
DIRECTOR	Eliana L. Vergara Vásquez

ABSTRACT

This work aims to model and visualize the behavior of particulate matter PM_{10} from the quarry activities of building materials located in Puerto Colombia, Atlántico with ISCST3 model. PM_{10} is sampled in the field for four months (dry season) with semiautomatic Partisol 2000i along the lines of the standard EPA 40 CFR Pt. 50 App. J. The calculated concentrations are compared with Order 610 of 2010 demonstrating compliance maximum permissible values for PM_{10} for 24 hours and annual. Background concentrations are calculated using cumulative frequency distributions Log Normal concluding that 20% of the background concentrations are 50% correspond to sources close and meteorological factors and 10% belong to other sources. Subsequently weather information station IDEAM Ernesto Cortissoz is obtained and stability and mixing height are calculated. Also a grid with recipient states to continue implementing the model. After the execution of the simulation model for the four months of sampling is obtained. The model is validated by the method of error root mean square (RMS) per month of sampling where it is concluded that there was a good correlation between the observed field and calculated in the months of March, April and June, contrary to unacceptable value for the month of May. Results from the model show that the most affected populations with PM_{10} pollution are those located in the southwest because of the wind direction. However the population located inside the quarry is exposed to maximum concentrations of 110 g / m³ contributing to possible effects on health.

KEYWORDS: Quarry, ISCST3, Particulate Matter PM_{10} , Mining.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es el fenómeno de acumulación o concentración de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como resultados de actividades humanas o procesos naturales. Este tipo de contaminación disminuye notablemente la calidad de vida de la población, esto se ve reflejado en un aumento en la frecuencia y la gravedad de las enfermedades respiratorias presentando algunos síntomas como los ojos llorosos, tos o ruido al respirar, también hay un aumento en la mortalidad temprana, en las consultas hospitalarias y en la ausencia laboral (IDEAM, 2012). El riesgo dependerá del estado de salud de una persona en el momento de la exposición, el tipo de contaminante, su concentración y el tiempo que permanezca expuesto al aire contaminado (Baker *et al.*, 2012). Entre los distintos contaminantes del aire, el material particulado muestra fuerte evidencia de efectos adversos en la salud (Pope & Dockery, 2006) y con base a su grado de afectación está clasificado en un contaminante criterio para el Índice de Calidad Ambiental (ICA) (IDEAM, 2012). El material particulado se presenta en diferentes tamaños y las fracciones más pequeñas (PM_{2.5} y PM₁₀) se consideran perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas.

Por otra parte, en el departamento del Atlántico existe el distrito Minero de Calamarí conformado por tres municipios: Puerto Colombia, Luruaco y Repelón siendo la actividad minera una de las más relevantes, destacando la explotación de canteras en Puerto Colombia, Repelón y Luruaco; arcilla en Tubará; piedra en Tubará y Sabanalarga; Caliche en Tubará; arena en Santo Tomás, Manatí, Puerto Colombia, Sabanagrande y Sabanalarga; grava en Manatí; materiales de construcción en Malambo, Juan de Acosta, Puerto Colombia, Repelón, Luruaco, Tubará y Sabanalarga. Otros minerales que se extraen en el departamento son:

arcillas, yeso, arena, hidrocarburos y gravas entre otros (Ministerio de Minas y Energía, 2008). A pesar de estar a la afuera de las grandes urbes del departamento, las canteras se encuentran rodeadas de pequeñas poblaciones e importantes ecosistemas.

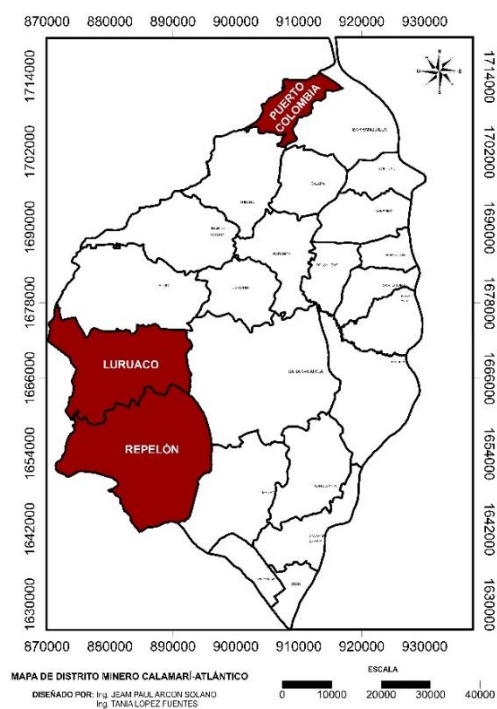
La presente investigación busca simular el comportamiento del material particulado PM_{10} en una cantera ubicada en el municipio de Puerto Colombia (Atlántico). La generación de éste contaminante en la cantera se debe precisamente a las actividades que se llevan a cabo dentro de ésta ya que requiere de un suelo sin capa vegetal para realizar la extracción y trituración de los materiales para luego ser transportados.

A partir de esta problemática surge la necesidad de modelar la dispersión del contaminante con el objetivo de determinar su impacto en la calidad del aire, implementar programas regulatorios, evaluar el estado de polución del aire urbano o rural, predecir concentraciones en un tiempo futuro, diseño de redes de calidad de aire y programas de prevención (Villabona, 2008).

La investigación se realiza en cuatro fases. Fase I, recolección de referencias bibliográficas para conocer el estado del arte de la modelación de PM_{10} a nivel global, nacional, regional y local. Fase II, constituye la medición en campo de PM_{10} en la cantera con el equipo Partisol 2000®, el cual recolecta las muestras del contaminante en un filtro. La Fase III comprende la modelación en el programa ISCST3® de la variación espacial y temporal del PM_{10} al suministrarle las concentraciones obtenidas y los datos meteorológicos de la zona. Fase IV, es el post-procesamiento de los resultados obtenidos en el programa Surfer Golden® por medio de los datos obtenidos en la fase anterior para determinar el área de influencia del contaminante.

Ilustración 1. Distrito Minero Calamarí del Atlántico.

Fuente: Autores.



Pregunta: ¿Cuál es el comportamiento de la dispersión del material particulado PM_{10} generado en las actividades mineras de una cantera ubicada en el km 5 autopista Barranquilla - Puerto Colombia?

Ilustración 2. Esquema de la problemática

Fuente: Autores.



JUSTIFICACIÓN

El cuidado del medio ambiente y la salud pública requieren cada vez más de herramientas predictivas que permitan la prevención de daños ambientales y sanitarios. La modelación de la calidad de aire permite conocer la variación temporal y espacial de ciertos contaminantes criterio, por tal motivo es una herramienta útil en los estudios ambientales en zonas del mundo que poseen alto riesgo por contaminación atmosférica.

En el presente trabajo se desarrolla una modelación y visualización del comportamiento espacial y temporal del contaminante PM10 proveniente de una cantera en el municipio de Puerto Colombia, Atlántico por medio del modelo ISCST3. Con esto se busca ser un soporte para situaciones de afectación ambiental y a la salud de las poblaciones que se encuentran dentro del área de influencia directa e indirecta a la cantera de estudio. Así mismo, conocer y comprender el comportamiento del contaminante PM10 para tomar medidas de control, prevención y corrección.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Simular la dispersión de la fracción respirable PM_{10} generado en las actividades mineras de la cantera ubicada en el km 5 autopista Barranquilla - Puerto Colombia.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la variación temporal de la fracción respirable PM_{10} en la actividad minera de la cantera.
- Establecer la variación espacial de la fracción respirable PM_{10} de la cantera ubicada en el km 5 autopista Barranquilla - Puerto Colombia utilizando el modelo ISCST3.
- Identificar el área de influencia de la fracción respirable PM_{10} generada en la actividad minera de la cantera ubicada en el km 5 autopista Barranquilla - Puerto Colombia.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

La contaminación atmosférica es el fenómeno de acumulación o concentración de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como resultados de actividades humanas o procesos naturales (IDEAM, 2012). Las emisiones a la atmósfera pueden ser de varios tipos: gases, partículas, ruido, olores o corrientes a alta temperatura (IDEAM, 2001). El PM₁₀, o material particulado de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 µm, es uno de los seis contaminantes criterios regulado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés) y de acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés), es el contaminante de mayor importancia en las ciudades más pobladas del mundo (Baroutian et al., 2006). Este tipo de partículas son emitidas principalmente por procesos industriales (minería, manufactura de cemento, construcción, producción de cerámica y ladrillos, etc.), el tráfico de vehículos y los procesos de combustión (combustión domestica de carbón, incineradores industriales, centrales térmicas, etc.) (Abril & Diez, 2006). En cuanto a las actividades relacionadas a la producción del cemento, el material particulado (PM) es generado principalmente durante los procesos de perforación y voladura (en cantera) y a la trituración y molienda (en planta). El PM emitido en este tipo de actividad es generalmente caracterizado como un polvo de color gris de diámetro aerodinámico que varía entre 0,05 y 5 µm (Yang *et al.*, 2003). En Colombia, los índices de contaminación atmosférica de varios de los municipios que en mayor grado presentan este problema se encuentran relacionados con actividades mineras. (Garay *et al.*, 2013)

Hoy en día, para determinar la concentración de material particulado en el aire se están utilizando modelos de dispersión. Éstos usan técnicas matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos que afectan a los contaminantes cuando se dispersan y reaccionan en la atmósfera (Alcaide, 2000). Un modelo es una representación que conlleva a la finalidad de predecir qué efecto tendrá una cierta acción sobre un sistema físico. Dado que lo que se quiere es predecir una respuesta futura del sistema (Moreno, *et al.*, 2003) la realidad se puede representar por medio de un modelo y de acuerdo a la forma en que se desee representar la realidad, existen varios tipos de modelos: Modelo físico, de datos, empírico y matemático. Un modelo matemático es una descripción matemática con frecuencia mediante una función o una ecuación de un fenómeno del mundo real, como por ejemplo el tamaño de una población; el propósito de este modelo es entender el fenómeno y quizás hacer predicciones con respecto al comportamiento futuro (Stewart, 2007).

En el caso de los modelos de calidad de aire, éstos usan técnicas matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos que afectan a los contaminantes cuando se dispersan y reaccionan en la atmósfera (Alcaide, 2000). Los modelos de dispersión de contaminantes resuelven las ecuaciones de difusión en forma aproximada y obtienen resultados muy rápidamente (Sanín Cortés, 2002). La ecuación de difusión gaussiana (*Ecuación 1*) relaciona los niveles de inmisión en un punto con la cantidad de contaminantes vertidos a la atmósfera desde el foco emisor, teniendo en cuenta las condiciones de emisión de PM₁₀, y las características climáticas y topográficas del medio receptor (Manzur, *et al.*, 2012). Se considera que el viento, la humedad, la temperatura y las precipitaciones tienen un papel importante en el aumento o disminución de la contaminación (Orozco, *et al.*, 2008). El modelo de cálculo de dispersión de contaminantes ISCST3® está basado en un logaritmo Gaussiano (Espert Alemany

& López Jiménez, 2000) en el cual se asume que la dispersión de contaminantes sigue una distribución estadística normal.

La ecuación genérica de este modelo es la siguiente:

Ecuación 1.

$$C_{(x,y,z,h_e)} = \frac{Q}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} * e^{\left[-0.5 \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]} * \left[e^{\left[-0.5 \left(\frac{z-h_e}{\sigma_z}\right)^2\right]} + e^{\left[-0.5 \left(\frac{z+h_e}{\sigma_z}\right)^2\right]} \right]$$

Dónde:

- $C [\mu g/m^3]$: Concentración de contaminante.
- $x [m]$: Distancia del receptor a sotavento.
- $y [m]$: Distancia del receptor perpendicular al eje de simetría de la pluma.
- $z [m]$: Altura del Receptor
- $Q [g/s]$: Tasa de emisión de contaminante.
- $u_s [m/s]$: Velocidad del viento a la altura de descarga del contaminante.
- $h_e [m]$: Altura efectiva de la Chimenea.
- $\sigma_y \sigma_z$: Coeficiente de dispersión lateral y vertical.

Esta ecuación constituye la formulación de los modelos Gaussiano para el cálculo de la concentración de contaminantes a nivel del suelo, emitidos por una fuente puntual aislada. Los coeficientes de dispersión lateral y vertical se utilizan para representar el penacho del contaminante. Estos coeficientes están basados en una serie de parámetros de estabilidad atmosférica que fueron creados por Pasquill y Gifford.

Para poder evaluar los impactos del material particulado a nivel local y regional, se han desarrollado modelos los cuales permiten establecer las concentraciones de este contaminante en diversos puntos, uno de ellos es el ISCST3, el cual es una versión extendida del modelo de fuente simple (Crestor – EPA 1077), desarrollado por Pacific Environmental Service, Inc., Research Triangle Park, North Carolina, para la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (U.S.EPA) en 1995.

La modelación en ISCST3 se obtiene alimentando el modelo con parámetros meteorológicos confiables (velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura); información de la fuente de emisión (ubicación); parámetros topográficos (orografía, modelo digital del terreno, análisis de zonas sensibles); y parámetros del contaminante (tasa de emisión). Una vez conseguidos los datos necesarios, se adecuan y adaptan al modelo, teniendo en cuenta los formatos de entrada de datos y las unidades de expresión.

Además de los parámetros mencionados anteriormente, se deben obtener otros. El parámetro de turbulencia de la atmosfera que se caracteriza con base a un parámetro denominado clase de estabilidad, que está en función de la turbulencia térmica y la mecánica y cuenta con diferentes métodos para su determinación (Turner, Radiación solar/Delta-T, σE y σA); otro de los parámetros a definir es la altura de la capa de mezcla. Se define como la capa inferior de la atmosfera en la que el penacho puede desarrollarse y subir libremente en dirección vertical. Para su determinación se cuenta con métodos como el método de Holzworth y el de Klug (EPA, 2000). Posteriormente, se debe obtener los archivos de entrada de la información inicial del terreno. Así mismo, se analizan los receptores sensibles y se dispone de sus coordenadas para incluirlos en el modelo como un receptor discreto.

Se definen ciertos criterios de modelación. El primer criterio es la definición del dominio espacial de ejecución del modelo, donde afecta el foco emisor. Éste será definido por criterios como el área de la fuente, ubicación, tipo de suelo (rural, urbana, mixto). El segundo criterio, es el tipo y número de receptores. Los receptores se pueden clasificar como simple (todos los receptores se hallan a la misma altura de la fuente) o complejo (todos los receptores que estén por encima de la fuente). En el proceso de modelación se consideran dos tipos de receptores: malla cartesiana y receptores discretos.

Para proceder con los requisitos para la modelación, se deben establecer los períodos para los cuales se deben referenciar los parámetros definidos inicialmente. Finalmente, se ejecuta el modelo: una vez se trata previamente la información necesaria para ejecutar el modelo, se procede a la inclusión de forma ordenada de los archivos resultantes según los formatos que la aplicación requiere.

Como resultado de la modelación se tiene una salida de resultados numérica. Con estos resultados se evalúa la situación de la fuente con respecto a la contaminación atmosférica, para lo que se tienen en cuenta aspectos de la normativa vigente. Los resultados obtenidos por los modelos tienen unas incertidumbres mayores que las mediciones en campo, para lo cual se debe tener en cuenta al momento de valorar el cumplimiento con la normativa.

Ilustración 3. Proceso de modelación y simulación de ISCST3.



2.2. MARCO HISTÓRICO

Para los años 2003 y 2004 se utilizó en un estudio de modelación de SO_x, provenientes del Complejo Industrial Las Ventanas, el modelo de dispersión atmosférica ISC3 en la comuna de Puchuncaví (Chile). El Complejo Industrial las Ventanas está conformado por cinco estaciones de muestreo que hacen parte de la Red de Calidad de Aire de este complejo; en este se modela las

concentraciones horarias y promedio de 24 horas. Los errores sistemáticos se minimizaron mediante la aplicación del filtro Kalman. Se observa que el filtro de Kalman mejora el desempeño del modelo ISC3 entregando resultados con menor error en las cinco estaciones de calidad del aire. Además, se evalúa el desempeño del modelo mediante una serie de herramientas estadísticas (Lazo *et al*, 2006).

En Guayaquil (Ecuador) para el año 2005 se utilizó el modelo ISCST3, en un estudio referente a los mecanismos de análisis de los efectos a la calidad del aire producto de la emisión de contaminantes (SO₂, NO_x, PM, entre otros) durante la operación de barcasas termoeléctricas. Con los resultados del análisis se procedió a crear el archivo denominado data meteorológica. Posteriormente se ingresaron todos los datos y variables pertenecientes a la fuente de emisión. Finalmente presentaron cómo analizar los datos y resultados obtenidos en el modelo los cuales se muestran en forma gráfica y numérica para los contaminantes a ser evaluados (Peralta *et al.*, 2005).

En Córdoba (Argentina) un estudio realizado en el 2006 tuvo como objetivo estimar el impacto de las emisiones de PM₁₀ desde un complejo industrial dedicado a la manufactura de cemento, es por ello que surge la necesidad de utilizar herramientas predictivas para la toma de decisiones en el marco de la protección de la salud humana. Para esto se decide utilizar un modelo computacional para evaluar la dispersión de dicho contaminante teniendo en cuenta la incidencia de la meteorología local. El modelo seleccionado para esta tarea fue el ISC3 (Industrial Source Complex, 3ra versión), desarrollado por la USEPA como de aplicación regulatoria para la estimación de concentraciones ambientales (Abril & Diez, 2006).

Para el año 2009 en Texas (Estados Unidos) se realizó un estudio en el cual se utilizaron concentraciones medidas de TSP y PM₁₀, junto con los datos meteorológicos y en conjunción con los modelos de dispersión ISCST3 (Industrial

Source Complex Short Term) y AERMOD (Aerodynamic Modelling System), para determinar los flujos de emisión de la cosecha de algodón. De la comparación entre AERMOD e ISCST3, se observó que los EF (Factores de Emisión por sus siglas en inglés) AERMOD eran 1,8 veces más alta que los EF ISCST3 para unas seis hileras cosechadora. Esto sugiere que la EF para las emisiones fugitivas desarrollados utilizando modelos de dispersión son modelo específico. Se observó que los resultados de la concentración de contaminantes para los dos modelos se dependen de la radiación solar. Los efectos de la radiación solar sobre las concentraciones a favor del viento utilizando AERMOD eran diferentes de los obtenidos con ISCST3. Los resultados basados en los dos modelos fueron comparados en diferentes condiciones meteorológicas y los rangos de la radiación solar. Los resultados indican que existe una relación lineal entre los modelos para todas las condiciones (Botlaguduru, 2009).

Para el 2010 en el municipio Cerro de San Pedro de San Luis potosí (México) se realizó un inventario de emisiones de partículas menores de 10 micras (PM10), generadas por las actividades del procesamiento del mineral en una industria minera de oro y plata a cielo abierto. Se utilizaron además dos modelos de transporte de contaminantes para identificar los posibles niveles de contaminación por PM10 que se pueden observar, y la distribución de las concentraciones en el área de estudio: Los modelos utilizados fueron el ISC3 y AERMOD View (Aerodynamic Modelling System) desarrollados por la EPA (en el último participó además la *American Meteorological Society*. Para facilitar el estudio, la industria minera se dividió en 4 fuentes de área: tajo, terreros, caminos y patios de lixiviación. Se propone que el modelo ISC3 se utilice para periodos de modelación cortos (1 hora, 8 horas, 1 día). Tomando en cuenta que la dirección del viento del día a modelar sea la que más influye en el día. Se sugiere que el modelo AERMOD View se utilice para periodos de modelado tanto cortos (1 hora, 8 horas, 1 día) como largos (un mes, un año,), ya que en ambos casos presenta un factor

de exactitud aceptable. Así mismo los modelos ISC3 y AERMOD pueden auxiliar a las autoridades ambientales a desarrollar planes y estrategias de contingencias para prevenir los posibles niveles de PM_{10} (Gallego Martínez, 2010).

En Colombia para el 2008 se llevó a cabo la cuantificación de los contaminantes criterios (PST , PM_{10} , SO_2 , CO y NO_2) generados por la empresa HARINAGRO SA de Bucaramanga. Esta empresa está ubicada en la zona industrial Chimita y mediante el modelo de dispersión BREEZE – ISCST3 se evaluó el impacto ambiental generado sobre la calidad del aire en la zona. Para la modelación se estableció un receptor discreto, siendo este, la estación de monitoreo de calidad del aire de la CDMB ubicada en la empresa Lubricantes TERPEL, con el fin de conocer la calidad del aire en este punto. En cuanto al desempeño del modelo como tal se pudo confirmar lo descrito en la literatura en cuanto a la facilidad que presenta el mismo para su utilización, no obstante, se debe tener especial cuidado con los datos de entrada (especialmente la meteorología), ya que de la calidad de estos dependerán en gran medida de los resultados obtenidos (Conde Villabona, 2008). Entre enero y diciembre del 2009 en Santa Marta (Colombia) se emplearon medidores de alto volumen HI-VOL con el objeto de determinar la variación temporal y espacial de la concentración de la fracción respirable PM_{10} con el modelo ISCST3 y se encontró que las concentraciones de PM_{10} reportadas, no sobrepasan el límite establecido por la resolución 601 del 4 de abril del 2006, en un periodo de 24 horas ($150 \mu g/m^3$), indicando que no existen niveles violatorios para este parámetro. (Vergara Vásquez & García Renteria, 2010).

En el 2012 la zona minera del Cesar que está ubicada en la región Norte de Colombia, al occidente de la cordillera oriental de los Andes, presenta una producción de carbón en esta región que es cercana a las 70 Mton/año lo que la convierte en una de las áreas mineras a cielos abiertos más grandes del mundo. En diferentes ejercicios previos se han modelado las condiciones de calidad del

aire de la zona haciendo uso de herramientas computacionales tales como ISC3 y AERMOD. En este estudio el objetivo fue hacer uso de la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) como nueva alternativa para la modelación de las condiciones de calidad del aire en la región minera del Cesar; el cual resuelve las ecuaciones que gobiernan el modelo físico del problema, obteniendo campo de velocidad, y concentraciones a lo largo de un volumen de estudio. Los resultados preliminares obtenidos de las treinta y seis (36) modelaciones que se realizaron con CFD, sugieren una representación significativa de la condición de calidad del aire de la zona. Así mismo, estos resultados evidencian que las concentraciones de PST y PM₁₀ en inmediaciones de la zona minera sobrepasan los estándares nacionales y los valores considerados como perjudiciales para la salud de las personas por la Organización Mundial de la Salud (concentraciones promedio anuales de hasta 100µg/m³ y 70µg/m³ respectivamente) (Prato Sánchez, 2012).

El grueso de la producción minera en Colombia corre por cuenta de los subsectores de carbón (51.8% de la producción minera), níquel (21.2%), oro (14.6%) y materiales de construcción (5.3%)¹. La mayor parte de la producción de estos minerales está distribuida entre la región Andina, Pacífica y Caribe. Ciertos Departamentos ubicados en el resto del territorio nacional producen algunos de estos minerales, pero en pequeñas cantidades (Banco de la República, 2002). El distrito minero Calamarí - Atlántico está formado por los municipios de Luruaco, Repelón y Puerto Colombia; los dos primeros están situados en el suroeste del departamento del Atlántico, en la depresión húmeda del embalse del Guájaro y las

¹ Todas las cifras reportadas corresponden al año 2005.

ciénagas de Luruaco, Tocagua y El Rodeo, y el municipio de Puerto Colombia está localizado en el norte del mismo departamento, sobre el litoral Caribe (DEFENSORÍA DEL PUEBLO-COLOMBIA, 2010).

La explotación de los recursos minerales está prácticamente concentrada en la explotación de materiales de construcción y en rocas de origen químico y bioquímico para la industria cementera. En la vía que conduce de Barranquilla a Puerto Colombia se explotan calizas, específicamente en las lomas de Pan de Azúcar. Las reservas de estos sectores son una limitante a largo plazo para futuras expansiones en los niveles de producción actual, lo que ha creado la necesidad de explorar nuevas áreas; en este sentido, se están evaluando la calidad de los niveles calcáreos de la formación La Popa de las lomas al noroccidente de Tubará, en los alrededores de las poblaciones del Morro y Juarupo, Rotinet, Juan de Acosta, y el Cerro Vigía al oriente de Santa Verónica, en Arroyo de Piedra en la formación Pendales, Bocatocino, entre otros (DEFENSORÍA DEL PUEBLO-COLOMBIA, 2010). El subsector productor de materiales de construcción está compuesto por arcillas, calizas para la producción de cemento, piedras, gravas y arenas. Este tipo de elementos se emplea en la producción de ladrillos, cerámica, cemento para vivienda e infraestructura de transporte (Banco de la República, 2002).

2.3. MARCO LEGAL

Colombia ha tenido una larga y amplia tradición en materia de acciones para el control de la contaminación del aire. Inicialmente, en 1967 se instalaron las primeras redes para el monitoreo de la calidad del aire (Sánchez & Uribe, 1994); posteriormente, en 1973 se expidió la Ley 23, cuyo propósito es “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”. Dicha Ley le

concedió facultades extraordinarias al gobierno nacional para expedir el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente – Decreto Ley 2811 de 1974. En 1979, el Congreso de la República aprobó la Ley 9, mediante la cual se expidió el Código Sanitario Nacional, por medio de la cual se definieron normas, programas y medidas para la protección del medio ambiente. Se facultó al Ministerio de Salud, hoy Ministerio de Protección Social, para proferir normas para el control de la contaminación atmosférica.

La norma que reguló la emisión y concentración de contaminantes a la atmosfera fue emitida en 1982, año en el cual se adaptaron los estándares de calidad del aire y de emisión por fuentes fijas mediante el Decreto 02, el cual reglamentó parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979 y el Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a emisiones atmosféricas y calidad del aire. Este decreto fue derogado parcialmente en 1995² y algunos artículos quedaron transitoriamente vigentes hasta el 2008³. Por otra parte, en 2001 se expidió una norma específica para el Distrito Capital⁴ mediante la cual se estableció estándares más estrictos y se incluyeron contaminantes que no habían sido contemplados en la regulación nacional.

² Decreto 948 de 1995, reglamento de protección y control de la calidad del aire, el cual ha sido sujeto a diversas modificaciones y reglamentaciones en cuanto a fuentes fijas, móviles y calidad de combustibles.

³ A través de la expedición de la Resolución 909 de 2008 se establecieron las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas, reemplazando las que estaban vigentes transitoriamente en el decreto 02 de 1982.

⁴ Resolución 391 de 2001, derogada por la Resolución 1208 de 2003.

La Constitución Política de 1991 estableció una serie de derechos y obligaciones relacionados con el medio ambiente. En el Capítulo 3, en los artículos 79 y 80 dispone que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” y “Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

Con base en la Constitución, en 1993 se expidió la Ley 99 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Establece como responsabilidad de las autoridades ambientales ejercer la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y lo demás recursos naturales renovables. Lo anterior comprende el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos o gaseosos a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el desarrollo sostenible de las actividades antrópicas y generar impactos sobre los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones incluyen la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos, funciones que hasta ese momento en el tema de aire estaban en cabeza del Ministerio de Salud; actualmente Ministerio de la Protección Social.

En marzo de 2005, el Consejo Nacional de Política Económica y Social aprobó el documento Conpes 3344 que contiene los lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire y recomienda adoptar los lineamientos propuestos en dicho documento para el desarrollo de

estrategias de prevención y control de la contaminación del aire; solicita al Ministerio de Minas y Energía, Protección Social y Transporte, adelantar los trámites necesarios para la Creación de la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire, CONAIRE; y solicita a las entidades que integran la CONAIRE concurrir coordinadamente en el desarrollo de las acciones indicadas en el Plan de Acción del documento Conpes y, a partir de la fecha de conformación de la CONAIRE, detallar y ajustar el plan de acción que garantice su efectiva implementación.

El MADS actualizó la normativa relacionada con las variables que afectan la calidad del aire en el país. En este sentido, en abril de 2006 se expidió el Decreto 979 y la Resolución 601, que posteriormente fue modificada por la Resolución 610 de 2010, mediante los cuales se actualizan los estándares de calidad de aire y se establecen medidas para la atención de episodios para los niveles de prevención, alerta y emergencia⁵. Igualmente, el Decreto 979 de 2006 reglamentó la clasificación de Áreas - Fuente de Contaminación para que las corporaciones y autoridades ambientales implementen, en caso de requerirlo, planes de reducción de la contaminación y planes de contingencia en las áreas contaminadas, con la ayuda de autoridades de tránsito, de salud y de planeación, entre otras.

En la Resolución 601 de 2006, norma nacional de calidad del aire, se incluyó la necesidad de elaborar un protocolo para garantizar la calidad de la información sobre calidad del aire que se reporta en el país. Por tal razón, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adoptó, mediante la Resolución 650 de

⁵ La elaboración de esta reglamentación contó con el apoyo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

2010, el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para que las autoridades ambientales y los particulares que miden calidad del aire, cuenten con una herramienta para diseñar sistemas de vigilancia de calidad del aire o campañas de monitoreo, cumpliendo con los más altos estándares de calidad.

El mismo interés que surge en el gobierno en materia legal de Calidad del Aire, se refleja en estudios y trabajos investigativos desarrollados en el país en el mismo campo. Entre éstos, la Modelación Ambiental, precisamente, Modelación de Material Particulado, PM_{10} , con el objeto de dar a conocer la Calidad del Aire en las zonas objetos de estudio.

3. DISEÑO METODOLOGICO

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se utiliza un método experimental. Se inicia con la identificación del problema y su área de influencia; pasando por una revisión bibliográfica que permita la recolección de antecedentes y estudios previos; diseño de un plan experimental; mediciones en campo, modelación matemática para la determinación la dispersión de la fracción respirable PM₁₀.

3.1. DELIMITACIÓN

3.1.1. Delimitación Espacial

El material particulado de 10 micras es simulado en el espacio comprendido por la Vía de Puerto Colombia a Barranquilla la cual se encuentra ubicada al norte del departamento del Atlántico de Colombia, y parte del entorno se comprende por áreas rurales e instituciones educativas.

3.1.2. Delimitación Poblacional

La población afectada donde se realizó la simulación de material particulado PM₁₀ es la cantera situada en el kilometro 5 autopista vía Barranquilla – Puerto Colombia, su geoposicion es la siguiente:

Tabla 1. Coordenadas en UTM y Magna Sirgas de la Cantera.

CORDENADAS UTM		COORDENADAS MAGNA SIRGAS	
Latitud	Longitud	Norte	Este
11° 0'37.59"N	74°53'34.70"O	1709508.74	910874.42

Ilustración 4. Geoposición de la Cantera

Fuente: Google Earth.



3.1.3. Delimitación Temporal

El tiempo para la ejecución total del proyecto fue de veintecuatro (24) meses.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se implementó es la *investigación cuantitativa*, ya que se utilizan para su desarrollo, técnicas estadísticas, matemáticas e informática. Al mismo tiempo se empleo el modelo matemático ISCST3®, entre otros softwares como Golden Surfer 11®, Global Mapper 14®, Autocad 2013®, etc.

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas de recolección de la información primaria

Las técnicas utilizadas fueron, la observación directa y como instrumento de recolección de información es la medicion en campo de PM₁₀ con el muestreador

Partisol 2000i. Además, la información meteorológica (temperatura, presión barométrica, precipitación, dirección del viento y velocidad del viento) fue tomada del aeropuerto Ernesto Cortissoz, el cálculo del factor de emisión se realiza por medio de la guía EPA AP 42, toda es requerimiento para ejecución del modelo matemático ISCST3.

3.3.2. Técnica de recolección de información secundaria

La técnica de recolección de información secundaria es la consulta y la visita de los siguientes sitios:

Biblioteca de la Universidad de la Costa CUC

Base de Datos de Consulta Especializada en la Universidad de la Costa CUC

Base de Datos Virtual del IDEAM

Centro de Información de la CRA

Los softwares complementarios para el desarrollo total del proyecto son los siguientes:

- Microsoft Excel® 2013
- Google Earth®
- Surface Mapping System Golden Surfer® 11.0
- AutoCAD® 2013
- Microsoft Office Project® 2013
- Adobe Fireworks CS3
- Franson CoordTrans
- WRPLOT View-Freeware
- Pavanaarekh™

Con ellos se realizaron cálculos estadísticos, graficas, localización geo-referenciadas, zonificación de áreas, generación de planos y cronogramas de actividades.

3.4. MÉTODO EXPERIMENTAL

En la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular (Serrano *et al.*, 2010).

El método experimental en este proyecto se evidencia en el cumplimiento de los objetivos específicos, estos se ejecutaron de la siguiente manera:

3.4.1. Objetivo 1. Determinar la variación temporal de la fracción respirable PM₁₀ en la actividad minera (canteras).

Para el cumplimiento del primer objetivo, se aplicaron los criterios del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT (2010), actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

3.4.1.1. Localización del sitio de muestreo.

Partiendo de lo estipulado por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del MADS se determina que el modelo del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire SVCA es tipo manual ya que el equipo utilizado para el estudio

es semiautomático. Se consideran para el desarrollo de la investigación factores macro y micro-climáticos y factores geográficos. Así mismo, ubicar la estación de monitoreo en una zona abierta, donde no existan estructuras que impidan la circulación del aire, y eviten la sedimentación de la materia, el suministro de energía eléctrica sea disponible para el buen funcionamiento de los equipos a utilizar, que en este caso es el muestreador semiautomático Partisol-2000i y buscar que el equipo no se encuentre expuesto a personal no autorizado que puedan causar daños a la parte operativa y física del mismo.

Ilustración 5. Equipo de medición Partisol 2000i en área de estudio.

Fuente: Autores.



3.4.1.2. Equipos y mediciones en campo.

Se utiliza un muestreador semiautomático Partisol 2000 i. Este equipo permite recolectar partículas PM_{10} . Siguiendo el estándar EPA 40 CFR Pt. 50 App. J, se colectaron muestras en un periodo de 24 ± 1 hora en filtros de fibra de cuarzo; los filtros fueron pesados antes y después del muestreo. En la ilustración 6. se presentan los procedimientos para llevar a cabo el muestreo de PM_{10} .

Ilustración 6. Diagrama de procedimiento de muestreo en etapas antes, durante y después.

Fuente: Autores.



3.4.1.3. Frecuencia de los Monitoreos:

Partiendo de los criterios del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del MADS se ejecutaron las mediciones en un tiempo igual a cuatro (4) meses del presente año durante las actividades de cargue, clasificación, trituración y transporte del material de construcción. El esquema de muestreo consiste en tomar datos cada tercer día después de la primera medición. Como el interés de esta investigación es corroborar la eficacia del modelo ISCST3 para estimar la calidad del aire proveniente de actividad minera en este caso cantera, se utilizó solo una estación de muestreo (sotavento) la cual permitió calibrar los

datos reportados por el modelo con los recolectados en campo. Para poder determinar las concentraciones de fondo (barlovento) se utilizara la distribución de frecuencia acumulativa lognormal la cual es una herramienta eficaz para estimar este tipo de concentraciones. Cabe anotar en esta investigación los datos meteorológicos fueron tomadas de la estación IDEAM de la ciudad, no obstante el equipo de medición reporta datos de presión ambiental, temperatura ambiental, velocidad y dirección del viento.

3.4.1.4. Analisis y presentación de la información.

Para calcular las concentraciones de PM₁₀ se usaron los datos del peso del filtro, el caudal de succión del equipo y el tiempo de muestreo. La concentración en µg/m³ de PM₁₀ se calculó, dividiendo el peso del filtro sobre el caudal y multiplicándolo por el tiempo de muestreo. En una tabla se exponen las fechas con las concentraciones más altas y más bajas durante todo el periodo de muestreo con la respectiva desviación estándar, la media aritmética y el coeficiente de variación temporal. El análisis de los datos se desarrolla teniendo en cuenta las condiciones locales. Para ello se utilizará la siguiente ecuación (2) establecidas en la resolución 601 del 4 de abril del 2006:

Ecuación 2.

$$N.L. = N.C.R * \left(\frac{Pb_{local}}{760} \right) * \left(\frac{298^{\circ}K}{273} \right) + t^{\circ}C$$

Donde:

N.L. = Norma de la calidad del aire Local.

N.C.R. = Norma de calidad de aire a Condiciones de Referencia

Pb_{Local} = Presión Barométrica promedio Local, mmHg

t°C = Temperatura ambiente promedio Local, °C

3.4.2. Objetivo 2. Establecer la variación espacial fracción respirable PM₁₀ en la actividad minera (canteras) utilizando el modelo ISCST3.

3.4.2.1. Cálculo de tasa de emisión.

A continuación se describe la ecuación utilizada para el cálculo del factor o tasa de emisión del almacenamiento, carga y descarga del material apilado:

Ecuación 3.

$$FE = k * 0,0016 * \left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3} * \left(\frac{M}{2}\right)^{-1,4}$$

Dónde:

FE = Factor de emisión.

k = factor de corrección por el tamaño de la partícula (PM₁₀ = 0,35).

U = velocidad del viento $\left(\frac{m}{s}\right)$.

M = contenido de humedad del material en porcentaje.

3.4.2.2. Meteorología

El modelo requiere información meteorológica, estabilidad y altura de mezcla, las cuales se calculan de acuerdo al Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Finalmente se crean los archivos .met.

La estabilidad atmosférica se determina teniendo en cuenta las tablas 30 y 31 del Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire (Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire). Están establecidas de acuerdo a la radiación solar global y la velocidad del viento, definidas por Pasquill

y Gifford. Se homologan las estabilidades con las establecidas en forma numérica por Turner (con la correspondencia de Golder) para alimentar el archivo .met.

Tabla 2. Categorías de estabilidad para períodos diurnos, condiciones convectivas.

Fuente: Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire (Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire).

Vel. Viento (m/s)	Radiación Solar Global (W/m ²)					
	>700	540-700	400-540	270-400	140-270	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2-3	A	B	B	B	C	D
3-4	B	B	B	C	C	D
4-5	B	B	C	C	D	D
5-6	C	C	C	C	D	D
>6	C	C	D	D	D	D

Tabla 3. Categorías de estabilidad para períodos nocturnos, condiciones estables.

Fuente: Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire (Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire).

Vel. Viento (m/s)	Radiación Solar Neta (W/m ²)		
	>-20	-20 a -40	<-40
<2	D	F	F
2-3	D	E	F
3-5	D	D	E
5-6	D	D	D
>6	D	D	D

Tabla 4. Clases de estabilidad atmosférica.

Fuente: Alejandro S.M. Santa Cruz. Universidad Tecnológica Nacional. Estabilidad Atmosférica: Determinación de los Parámetros de Dispersión.

Correspondencia según Golder		
Turner	Pasquill	Significado
1	A	Condiciones muy inestables
2	B	Condiciones moderadamente inestables
3	C	Condiciones ligeramente inestables
4	D	Condiciones neutras
5		
6	E	Condiciones ligeramente estables
7	F	Condiciones moderadamente estables

La altura de mezcla se calcula con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 4.

$$h_{mec} = 1330 * u$$

Ecuación 5.

$$u = u_o \left[1 + \alpha \ln \left(1 + b \left(\frac{Q_o}{Q} \right) \right) \right]$$

Ecuación 6.

$$u_o = k * \frac{u}{\ln(Z_m/Z_0)}$$

Dónde:

u = *velocidad del viento.*

k = *constante de Von Karman = 0.41.*

α = *parámetro definido como:*

$$\text{Si } \frac{Z_0}{Z_m} \leq 0.01; \alpha = 0.128 + 0.005 \ln \frac{Z_0}{Z_m}$$

$$\text{Si } \frac{Z_0}{Z_m} > 0.01; \alpha = 0.107$$

Z_m

= *depende de la rugosidad superficial y de la altura del instrumento que mide*

$$\text{la velocidad del viento} = Z_m = Z_r - 4Z_0$$

Dónde:

Z_r = es la altura de medición del viento.

Z_0 = es la rugosidad superficial.

Tabla 5. Longitud de aspereza superficial en metros.

Fuente: Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire (Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire).

Uso del suelo	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Agua	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Bosque caducifolio	1.00	1.30	0.80	0.50
Bosque conífero	1.30	1.30	1.30	1.30
Pantano	0.20	0.20	0.20	0.05
Cultivos	0.03	0.20	0.05	0.01
Pradera	0.05	0.10	0.01	0.001
Urbano	1.00	1.00	1.00	1.00
Desierto	0.30	0.30	0.30	0.15

$$Q_0 = \frac{H_0}{\rho C_p}$$

$$Q = \frac{T * (u_0)^3}{k * g * z_m}$$

3.4.2.3. Modelación en el ISCST3:

Para realizar la modelación en el ISCST3 se alimenta el modelo con la información meteorológica de los días de muestreo, distancia desde la fuente del emisor al receptor, altura del vertido del contaminante y tasa de emisión de contaminante. A continuación, la ecuación que define al modelo:

Ecuación 7.

$$C_{(x,y,z,h_e)} = \frac{Q}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} * e^{\left[-0.5 \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right]} * \left[e^{\left[-0.5 \left(\frac{z-h_e}{\sigma_z}\right)^2\right]} + e^{\left[-0.5 \left(\frac{z+h_e}{\sigma_z}\right)^2\right]} \right]$$

Dónde:

- $C [\mu g/m^3]$: *Concentración de contaminante.*
- $x [m]$: *Distancia del receptor a sotavento.*
- $y [m]$: *Distancia del receptor perpendicular al eje de simetría de la pluma.*
- $z [m]$: *Altura del Receptor*
- $Q [g/s]$: *Tasa de emisión de contaminante.*
- $u_s [m/s]$: *Velocidad del viento a la altura de descarga del contaminante.*
- $h_e [m]$: *Altura efectiva de la Chimenea.*
- $\sigma_y \sigma_z$: *Coeficiente de dispersión lateral y vertical.*

A continuación se describe de forma general el modelo ISCST:

La entrada de datos al modelo requiere de dos archivos. El archivo de datos de entrada de flujos y el archivo de datos meteorológicos.

El archivo de flujos tiene seis rutas que se presentan en este orden:

CO: para especificar las opciones generales de control.

SO: para especificar información de la fuente.

RE: para especificar información del receptor.

ME: para especificar información meteorológica y sus opciones.

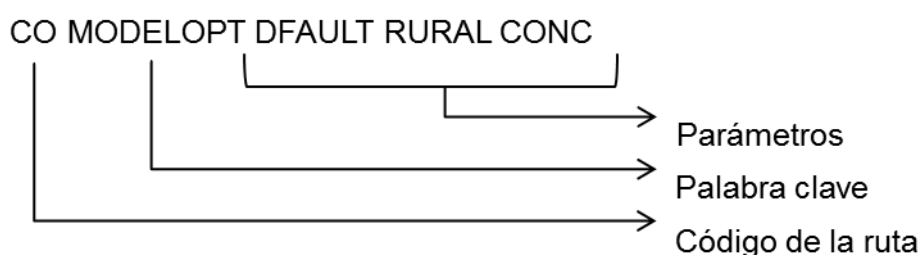
TG: para especificar información de cuadrículado de terreno.

OU: para especificar las opciones de resultado.

La ruta TG es opcional y se usa solo para implementar el algoritmo de depleción seca en terreno elevado.

Cada línea del archivo de datos de entrada de flujos consiste de una identificación de ruta, una palabra clave de ocho (8) caracteres, y una lista de parámetros. Un ejemplo de una línea de entrada de un archivo de flujos, con sus varias partes identificadas, se muestra a continuación:

Ilustración 7. Ejemplo de línea de entrada de un archivo de flujos.



Existen reglas básicas para estructurar los archivos de datos de entrada de flujos para mantener su consistencia y simplificar el número de errores:

- Todos los datos de entrada en una determinada ruta deben ser contiguos, i.e., todos los datos de entrada para la ruta CO deben aparecer primero, seguido de los datos de entrada para la ruta SO, y así sucesivamente.
- El principio de cada ruta se identifica con la palabra clave “STARTING” y el final de la ruta con la palabra clave “FINISHED”. Por lo tanto, el primer registro funcional de cada archivo de entrada debe ser “CO STARTING” y el último registro debe ser “OU FINISHED”. El resto de las imágenes de entrada define las opciones y datos de entrada para una determinada ejecución.
- Ciertas palabras claves son obligatorias y deben estar presente en cada archivo de flujos, como la palabra clave MODELOPT que se muestra en el ejemplo anterior, la cual indica las opciones de modelación.

Además de las palabras claves, existen palabras claves secundarias, que son descriptivas de la opción que se selecciona.

Ruta CO

Las opciones de modelado de la ruta Control son:

STARTING: Indica el comienzo de los datos de entrada para la ruta; esta palabra clave es obligatoria en cada una de las rutas.

TITLEONE: Una línea de título especificado por el usuario (hasta 68 caracteres) que aparecerá en cada página del archivo de información de salida impreso (también está disponible una segunda línea opcional con la clave TITLETWO).

MODELOPT: Controla las opciones de modelado seleccionadas para una determinada ejecución a través de una serie de palabras clave secundarias.

AVERTIME: Identifica los períodos de promediación para calcularse en una determinada ejecución.

POLLUTID: Identifica el tipo de contaminante que se está modelando NO_x, PTS, PM₁₀, otros. Por ahora, esta opción sólo afecta los resultados si se modela SO₂ con dispersión urbana en el modo predefinido regulatorio, cuando se usa una vida media de 4 horas para modelar decaimiento exponencial.

RUNORNOT: Una palabra clave especial que le dice al modelo si debe ejecutar las ejecuciones completas del modelo o no. Si el usuario selecciona no ejecutar, entonces el archivo de preparación de flujos se procesará y se reportará cualquier error en los datos de entrada, pero no se hará ningún cálculo de dispersión.

FINISHED: Indica que el usuario ha terminado con los datos de entrada para esta ruta; esta palabra clave también es obligatoria en cada una de las otras rutas.

Ruta SO

La ruta SO (fuente) contiene las palabras clave que definen la información de la fuente para una ejecución. El modelo maneja cuatro tipos separados, identificados como fuentes de punto, volumétricas, de área o de fosa abierta. Ciertos tipos de fuentes en línea pueden manejarse en ISC usando ya sea una hilera de fuentes volumétricas o como fuentes de área muy alargadas. Los parámetros de entrada pueden variar dependiendo del tipo de fuente. Algunas palabras claves obligatorias para esta ruta son las siguientes:

LOCATION: Identifica una identificación de fuente determinada y especifica el tipo de fuente y su ubicación.

SRCPARAM: Especifica los parámetros de fuente para una identificación de fuente determinada identificada por una tarjeta LOCATION previa.

SRCGROUP: Especifica cómo se agrupan las fuentes para determinar el tipo de cálculo. Siempre hay al menos un grupo, aunque pueda ser el grupo de TODAS las fuentes y aún si hay solo una fuente.

Otros datos de entrada opcionales que pueden darse en la ruta SO incluyen la especificación de factores de tasa de emisión variable cuyas emisiones varían como función del mes, temporada, hora del día, clase de estabilidad, y categoría de velocidad del viento, o temporada y hora del día.

Ruta RE

En esta ruta receptora se incluyen la especificación de una red receptora polar, de cuadrículado cartesiano, especificación de localidades receptoras discretas en un sistema polar o cartesiano, y la especificación de ubicaciones de receptores a lo largo del límite alrededor de una determinada fuente.

Lo primero que se nota de estos datos de entrada es que hay un nuevo conjunto de palabras clave, incluyendo algo que se ve como STArting y ENDing. De hecho, la palabra clave GRIDPOLR puede tomarse como una "sub-ruta", en la que toda la información de una determinada red polar debe estar en registros contiguos, y que se identifica el inicio y el final de la sub-ruta. La palabra clave secundaria ORIG especifica la ubicación del origen, en coordenadas (X,Y), para la red polar que se está definiendo. Esta red tiene centro en la misma ubicación (X,Y) de la fuente antes especificada. La palabra clave ORIG es opcional, y si se omite, el modelo toma un valor predefinido de (0.0, 0.0). La palabra clave DIST identifica las distancias a lo largo de cada dirección radial en la que se ubican los receptores.

Ruta ME

La ruta meteorológica tiene las siguientes tres palabras clave obligatorias (además de STARTING y FINISHED, por supuesto:

INPUTFIL: Especifica el nombre y formato del archivo de datos de entrada meteorológicos.

ANEMHGHT: Especifica la altura de anemómetro para los datos del viento que se usan en la modelación.

SURFDATA: Especifica la información de datos meteorológicos superficiales que se usarán en el modelo.

UAIRDATA: Especifica la información de datos Meteorológicos de aire superior (i.e., alturas de mezclado) que se usarán en el modelo.

Ruta OU

RECTABLE: Especifica la selección de altos valores por opciones de información de salida para tablas de receptor.

MAXTABLE: Especifica la selección de opciones de información de salida para tablas de valores máximos totales.

DAYTABLE: Especifica la selección de resultados impresos (por receptor) para cada día de datos procesados (esta opción puede producir archivos muy grandes y debe usarse con cautela).

La palabra clave RECTABLE corresponde a la opción para el más alto, segundo más alto y tercer más alto valor por receptor disponible en el viejo modelo de ISCST. La palabra clave MAXTABLE corresponde a la opción de una tabla de los 50 valores máximos disponible en el viejo modelo ISCST.

3.4.2.4. Archivo de mensajes de error.

El modelo ISC genera mensajes durante el procesamiento de datos de entrada y durante la ejecución de cálculos del modelo. Estos mensajes le informan al usuario de un rango de posibles condiciones que incluyen:

- Errores que detienen todo el proceso, excepto para identificar condiciones adicionales de error;
- Advertencias que no detienen el proceso pero indican condiciones de posible error o sospecha y
- Mensajes informativos que podrían ser de interés para el usuario pero que no tienen efecto alguno e la validez de los resultados.

3.4.2.5. Ejecución del modelo y revisión de resultados.

A continuación se describe la ejecución del modelo y la revisión de los resultados para una situación ejemplo en la cual su archivo de entrada de flujos se denomina TEST-ST.INP y el archivo de salida, TEST-ST.OUT.

El menú de comandos para ejecutar el programa

```
C:\>ISCST3S TEST-ST.INP TEST-ST.OUT
```

La señal de entrada C del sistema operativo DOS se ha representado como "C:\>", pero podría aparecer diferente en algunas máquinas. Lo más importante es que el archivo ISCST3S.EXE esté en el directorio en el cual se trate de ejecutar el modelo o en un directorio que esté incluido en el curso del sistema operativo DOS bajo el comando DOS PATH al cargar el sistema operativo. El nombre del archivo de datos de entrada de flujos debe aparecer primero sin ningún símbolo de "redireccionamiento" del sistema operativo DOS, seguido del nombre del archivo de información de salida deseado (también sin redireccionamiento), y estos archivos deben estar ubicados en el directorio donde se ejecuta el modelo, a no ser que se proporcione el curso del sistema operativo DOS completo en el menú de comandos.

3.4.2.6. Archivo de salida .OUT:

Este archivo es el resultado de la ejecución del modelo ISCST3 con las imágenes de entrada (.INP). Como resultado presenta, entre otra información, las coordenadas y las concentraciones promedio en cada coordenada ya asignada en el archivo de entrada por medio de la ruta RE. Así mismo, arroja los errores y/o advertencias en caso de existir alguno.

3.4.2.7. Validación del modelo ISCST3.

Para validar los resultados obtenidos por el modelo se determinará el error entre los datos de las series de tiempo de las mediciones y las simulaciones realizadas mediante la utilización del modelo ISC, se establecerá mediante la cuantificación del error de la raíz media cuadrática RMS (Legates & McCabe, 1999). Un valor $RMS=0$ indica un ajuste perfecto. Este indicador es usado frecuentemente y su definición viene dada por:

Ecuación 8.

$$RMS = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\zeta_m - \zeta_d]^2 \right\}^{1/2}$$

Donde,

ζ_m = *Valores medidos con los equipos.*

ζ_d = *Valores obtenidos mediante el modelo.*

N = *Numero de datos horarios con que cuenta las series de tiempo y ζ_d .*

Errores hasta el 5% se consideran ideales; entre el 6 y el 10, buenos; y entre el 11 y el 20, aceptables (Días & López, 2006).

3.4.2.8. Cálculo de las concentraciones de fondo.

Las concentraciones de fondo se determinan utilizando las distribuciones de frecuencia acumulativa log normal en las mediciones de material particulado. El resultado será una gráfica de concentraciones vs. porcentaje que se divide en tres segmentos: concentraciones de fondo, concentraciones resultantes de la fuente de

emisión que influyen en la calidad del aire en la estación de muestreo bajo análisis y la combinación de ambas (Noll & Miller, 1977).

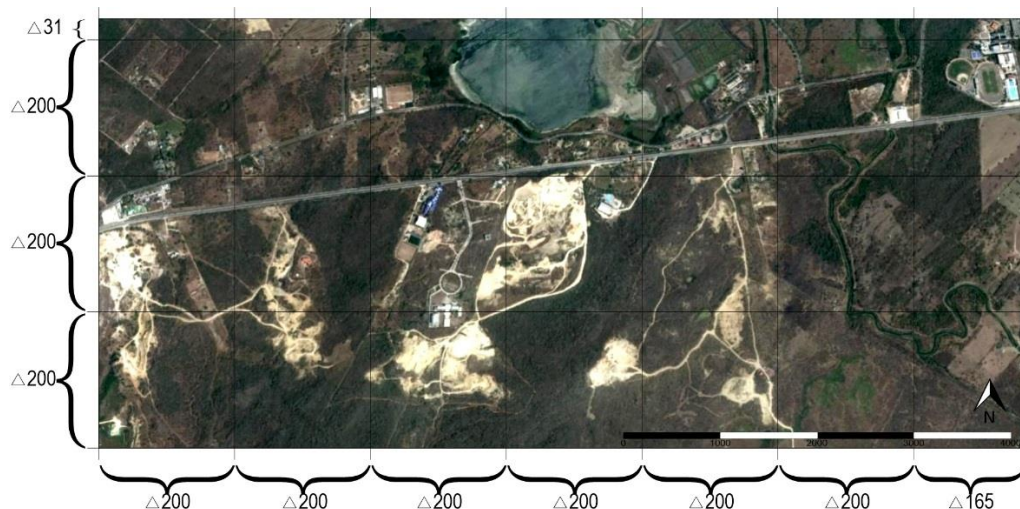
3.4.3. Objetivo 3. Identificar las áreas de influencia de la fracción respirable PM_{10} generadas por las actividades mineras (canteras).

3.4.3.1. Especificaciones de la grilla y el grupo de receptores

En la etapa de posprocesamiento de la simulación el modelo arroja los valores de las concentraciones promedio durante 720 horas para los meses de abril y junio y 744 horas para los meses de marzo y mayo. Con esta información reportada se construye una grilla que cuenta con 40 nodos en una área de 1365 X 631 con Δx de 200 y un Δx final de 165 y Δy igual a 200 con un Δy final de 31 (Ilustración 7) para así tener como el resultado el plano de isopletras para PM_{10} utilizando el Software Golden Surfer® 11.0 que interpola datos en XYZ empleando el método Kriging. A partir de estos planos se determinaron el área de influencia en función de las emisiones.

Ilustración 8. Grilla para la simulación y el posprocesamiento

Fuente: Autores.



Los receptores establecidos para esta simulación son 8 lugares de interés que son afectados por la dispersión del contaminante directa o indirectamente.

Tabla 6. Grupo de receptores y sus coordenadas

Fuente: Autores.









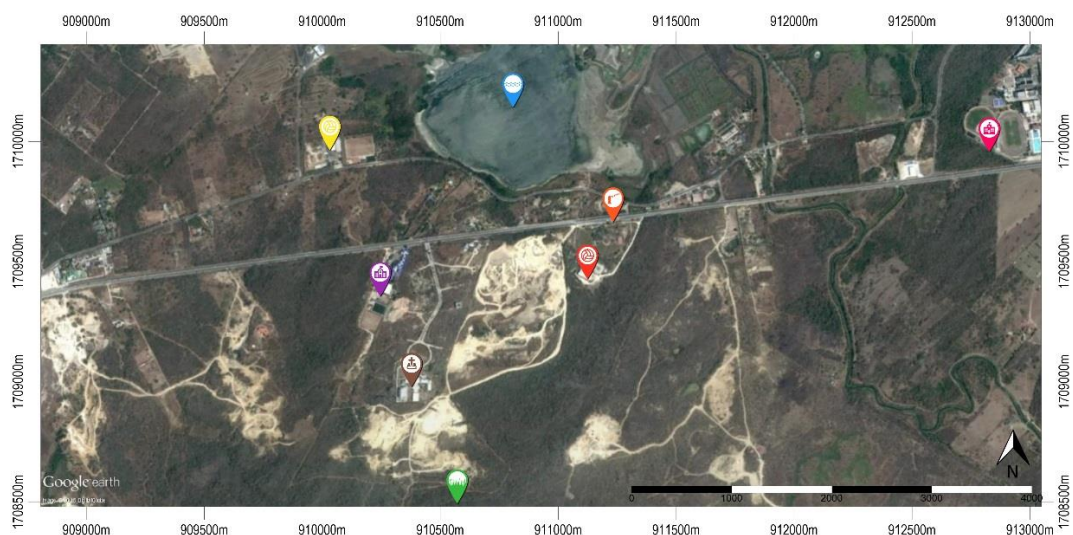
Receptores		Coordenadas	
Símbolo	Nombre	Latitud	Longitud
	Área rural	11° 0'6.91"N	74°53'42.06"O
	Universidad	11° 0'53.61"N	74°52'30.64"O
	Peaje	11° 0'45.15"N	74°53'22.45"O
	Lago	11°0'58.83"N	74°53'36.44"O
	Colegio	11° 0'34.67"N	74°53'54.22"O
	Centro recreativo 1	11° 0'38.69"N	74°53'25.95"O
	Centro recreativo 2	11° 0'54.36"N	74°53'58.73"O
	Centro Bíblico	11° 0'22.89"N	74°53'49.71"O

Ilustración 9. Grupo de receptores.

Fuente: Autores.



4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cantera se encuentra ubicada en el municipio de Puerto Colombia, en el km 5 autopista Barranquilla-Puerto Colombia en las coordenadas geográficas 11° 0'37.59" latitud norte y 74°53'34.70" longitud oeste. Hace parte del Distrito Minero Calamarí, el cual está conformado por las canteras de los municipios Luruaco, Repelón y Puerto Colombia (INCOPLAN S.A, 2010).

La entrada a la cantera, se encuentra a 5 kilómetros de la ciudad de Barranquilla, aproximadamente a 350 m del peaje Los Papiros. Una vez allí, las vías de acceso son destapadas, quedando la garita de seguridad a 100 m de la entrada principal.

La cantera se encuentra a 20 m.s.n.m. y tiene un área de 56 ha, de la cual aproximadamente 43 ha han sido explotadas.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.2.1. Suelo

Los suelos del municipio de Puerto Colombia son superficiales, de erosión ligera a moderada, bien drenados y poco evolucionados, con saturación de bases muy alta, su pH es alcalino debido a la presencia de alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), con bajas concentraciones de fósforo. Debido a sus condiciones climáticas muy secas y a su relieve quebrado, las actividades agropecuarias están muy reducidas.

Los suelos están cubiertos por una vegetación muy arbustiva, propia de regiones muy secas y su uso se limita a la explotación de canteras en algunos sectores,

para extraer materiales pétreos destinados a la industria de la construcción o para la producción de asfalto y concreto.

4.2.2. Flora

Dentro de las especies de plantas del área de estudio, la más representativa es el trupillo (*prosopis juliflora*), acompañado de aramo (*acacia farnesiana*), algodón de seda (*calotropis procera*), uvito (*cordia dentata*), naranjuelo (*caparis odoratissima*) y matarratón (*glycine sepium*). En el medio costero el mangle es el árbol más común.

4.2.3. Perfil estratigráfico

La cantera de estudio posee un perfil estratigráfico conformado, desde la superficie hacia abajo, por 4 metros de arenas con minerales pesados, 13.6 metros de caliza, 1.4 metros de limos verduzcos y 1 metro de arcilla gris.

4.2.4. Actividades económicas principales

Debido a las condiciones climáticas, las actividades agropecuarias no son productivas, mientras que la minería se ha convertido en la principal actividad, siendo la extracción de arena y grava las más importantes.

En la cantera objeto de estudio se lleva a cabo un proceso productivo para la extracción y aprovechamiento de los minerales, descritos en el esquema, a continuación.

Ilustración 10. Proceso productivo en la cantera objeto de estudio.

Fuente:

Autores.



La pesca, el turismo y la ganadería son otras de las actividades económicas que se presentan en el municipio de Puerto Colombia en menor escala.

4.3. COMPONENTE METEOROLÓGICO

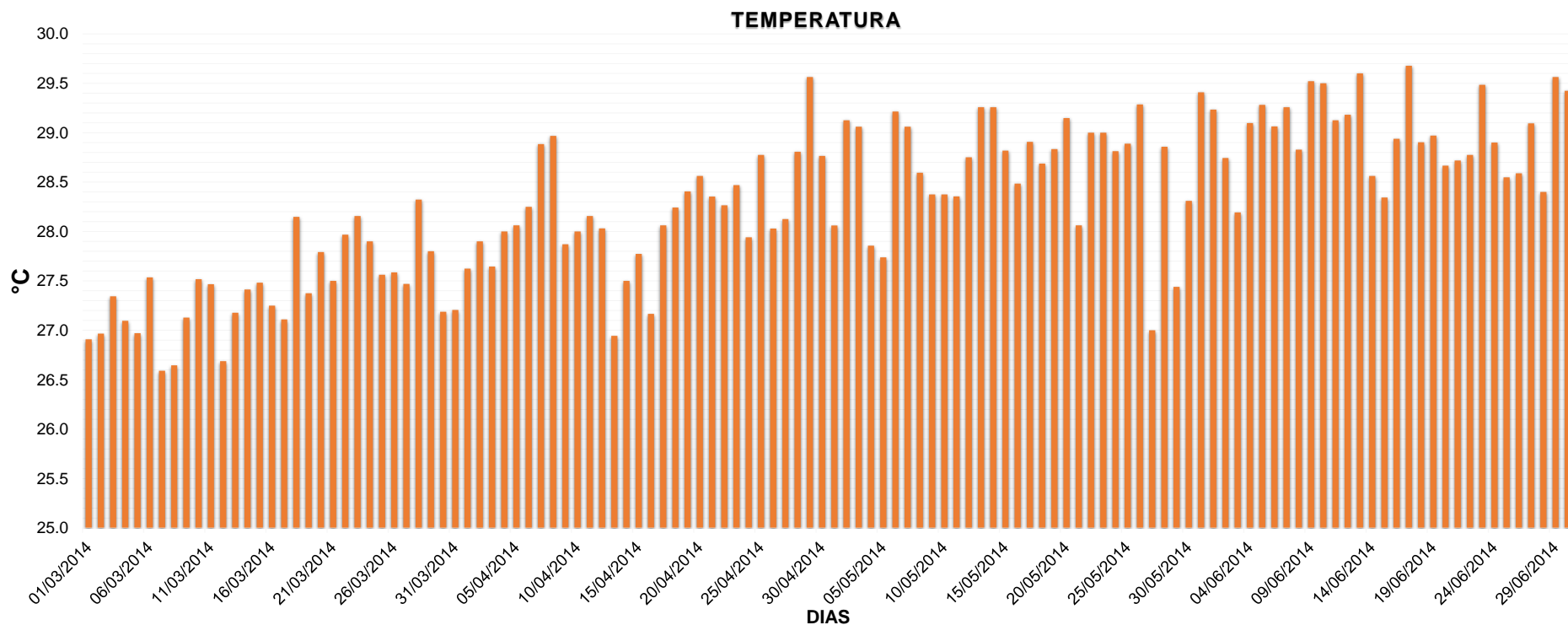
El área de estudio se encuentra ubicada, como todo el litoral caribe, en la Zona de influencia de desplazamiento de la Convergencia Intertropical (ZIC) generando un régimen pluviométrico bimodal, es decir, la presencia de dos períodos húmedos y dos períodos secos (Alcaldía de Puerto Colombia, 2000). Por ello, ésta área se caracteriza por su clima cálido que en promedio es de 27° y 28°C; el régimen de lluvias varía entre 700 y 1030 mm; la velocidad del viento en época seca es de 10 m/seg y en la época húmeda es de 4.5 m/seg con una dirección predominante del viento hacia el noroeste.

Toda la información meteorológica es de la estación del aeropuerto Ernesto Cortissoz la cual cumple los estándares y normas exigidas por IDEAM con un reporte diario del tiempo atmosférico.

4.3.1. Temperatura

Gráfica 1. Temperatura durante los meses de muestreo.

Fuente: Autores.



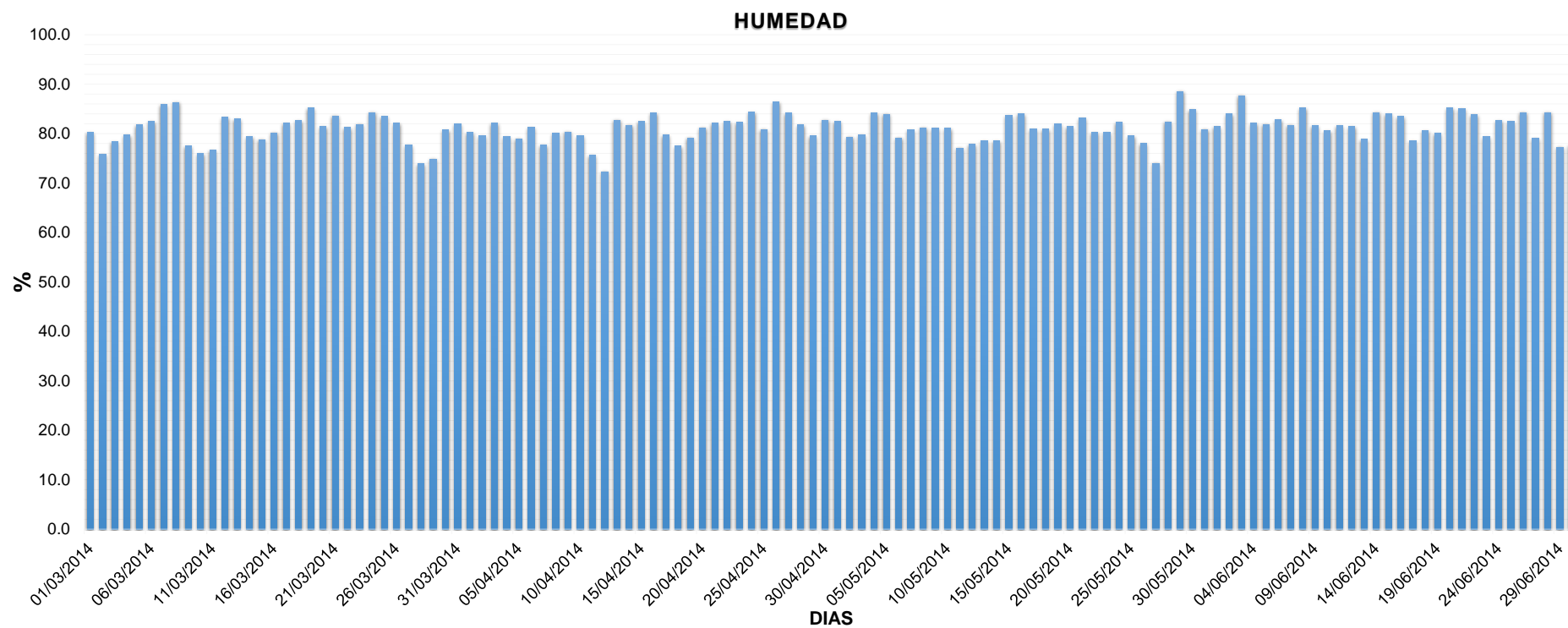
La temperatura promedio que se presentó en el área de estudio durante los cuatro meses de muestreo es 28.3 °C.

La temperatura máxima y mínima son respectivamente 29.7 °C y 26.6 °C. La desviación estándar es igual a 0.8.

4.3.2. Humedad

Gráfica 2. Humedad durante meses de muestreo.

Fuente: Autores.

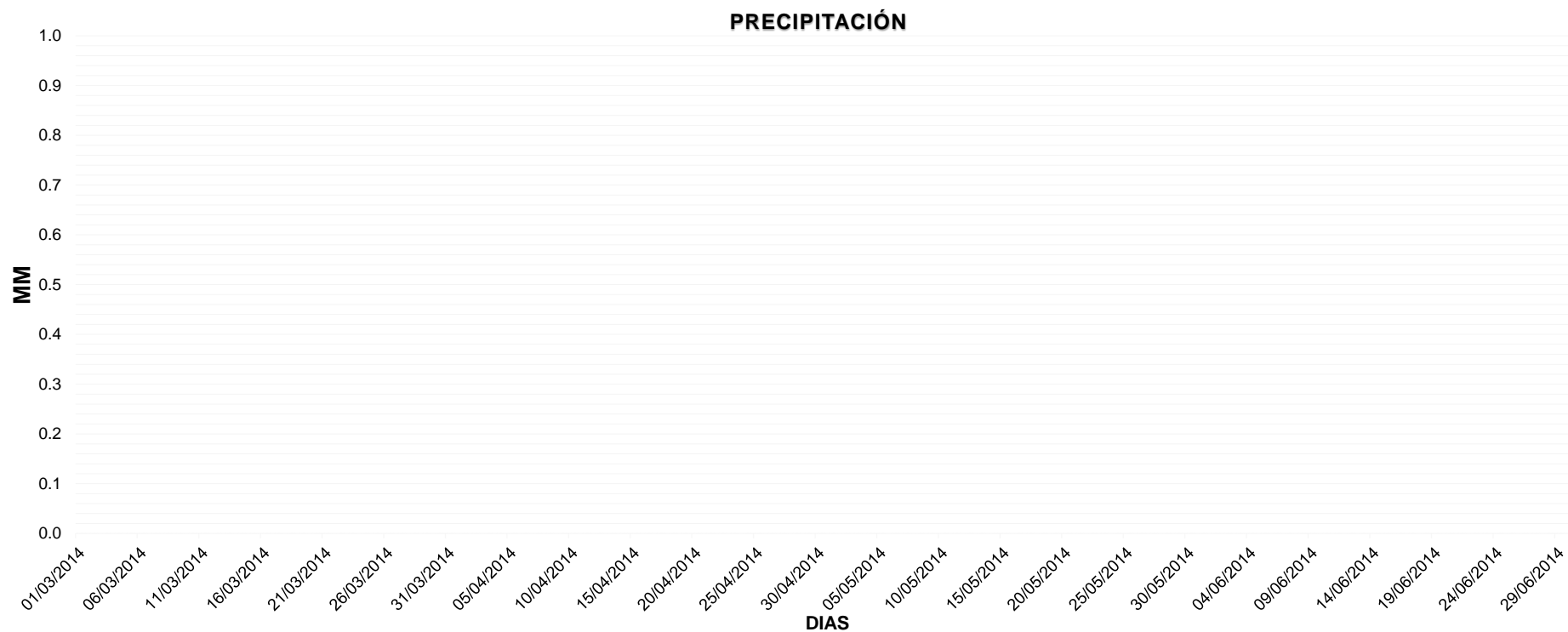


La humedad promedio que se presentó durante los cuatro meses de muestreo es 81.2%. La humedad máxima y mínima son respectivamente 88.5% y 72.3%. La desviación estándar es igual a 2.8.

4.3.3. Precipitación

Gráfica 3. Precipitación meses de muestreo.

Fuente: Autores.

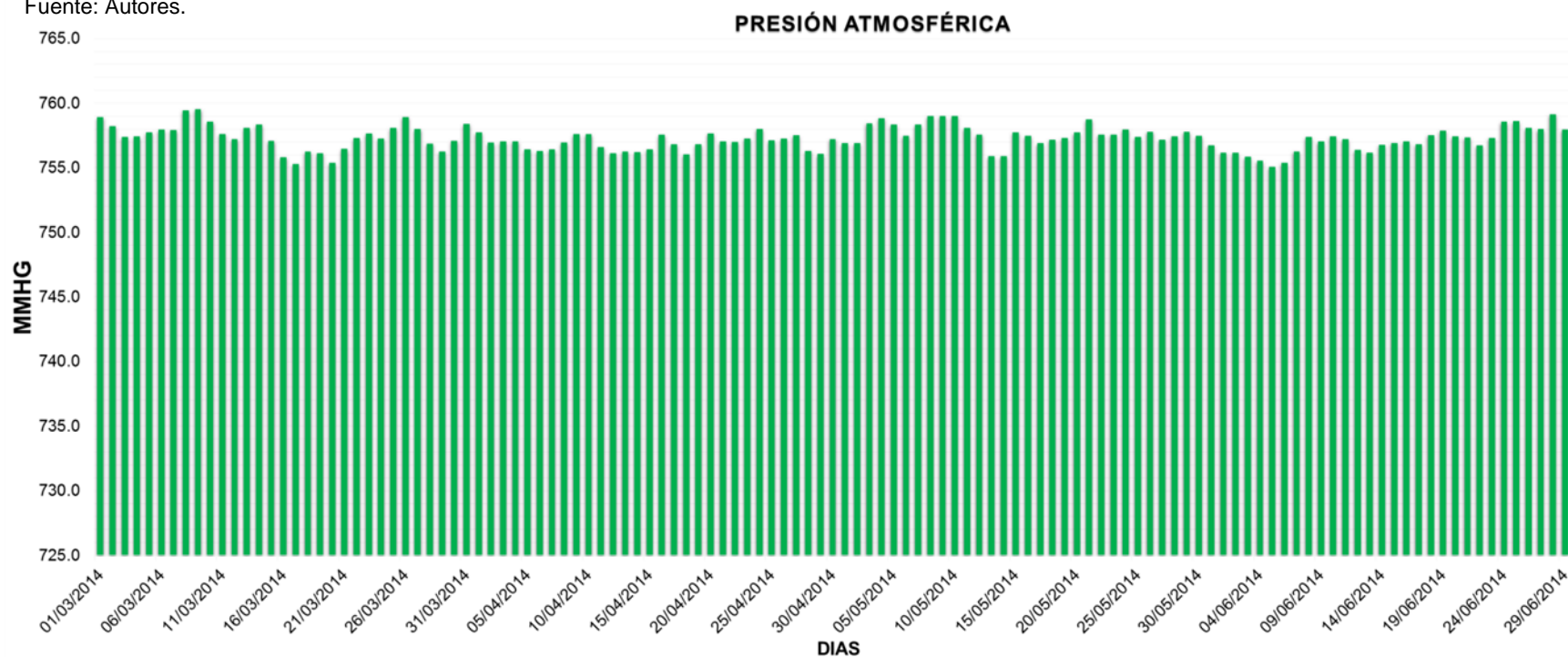


Durante los cuatro meses de muestreo no se presentaron precipitaciones (0 mm) por lo que el análisis estadístico arrojó valores igual a cero para promedio, desviación estándar, valores máximo y mínimo.

4.3.4. Presión Atmosférica

Gráfica 4. Presión atmosférica meses de muestreo.

Fuente: Autores.

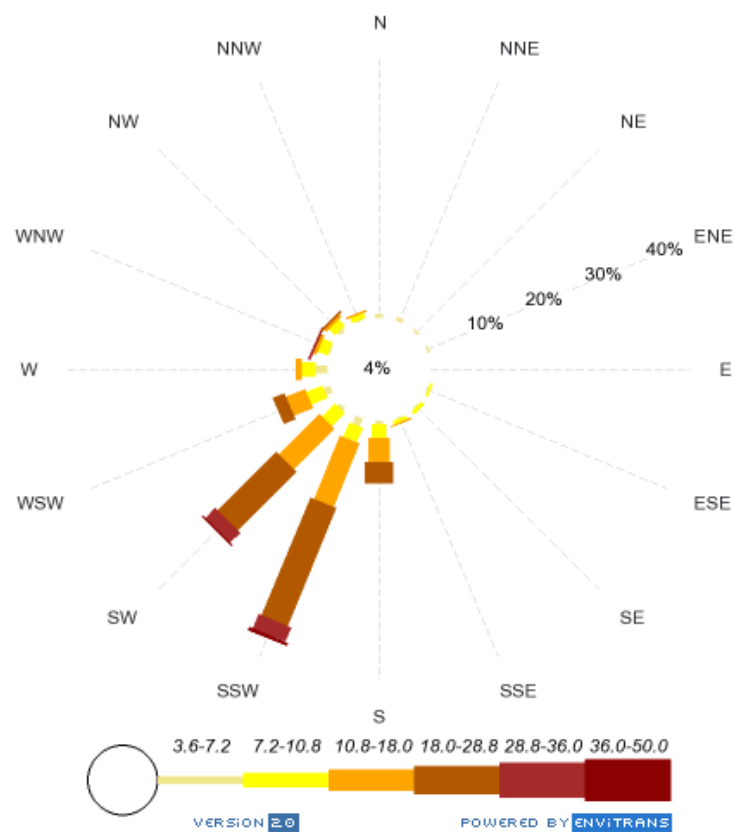


La presión atmosférica promedio del área de estudio es igual a 757.1 mmHg durante los cuatro meses de muestreo. La presión atmosférica máxima y mínima son respectivamente 759.5 mmHg y 736.7 mmHg. La desviación estándar es igual a 2.1.

4.3.5. Velocidad Y Dirección Del Viento

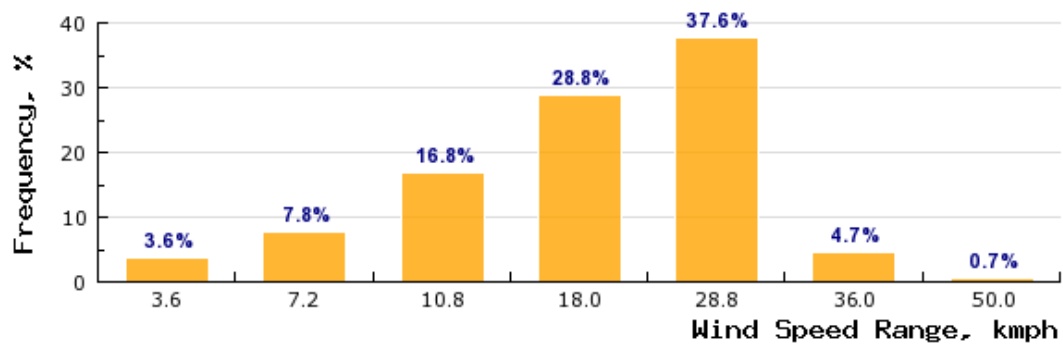
Gráfica 5. Rosetas de viento del mes de marzo

Fuente: Autores.



Frequency Distribution Chart - Puerto Colombia

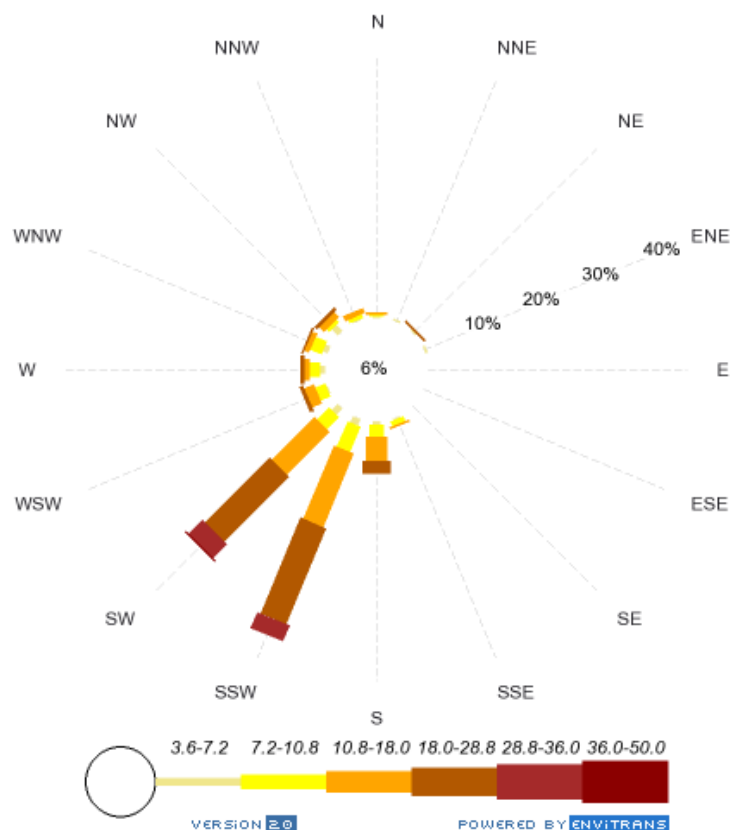
01 / 03 / 2014 :: 12:00 am - 31 / 03 / 2014 :: 12:00 am

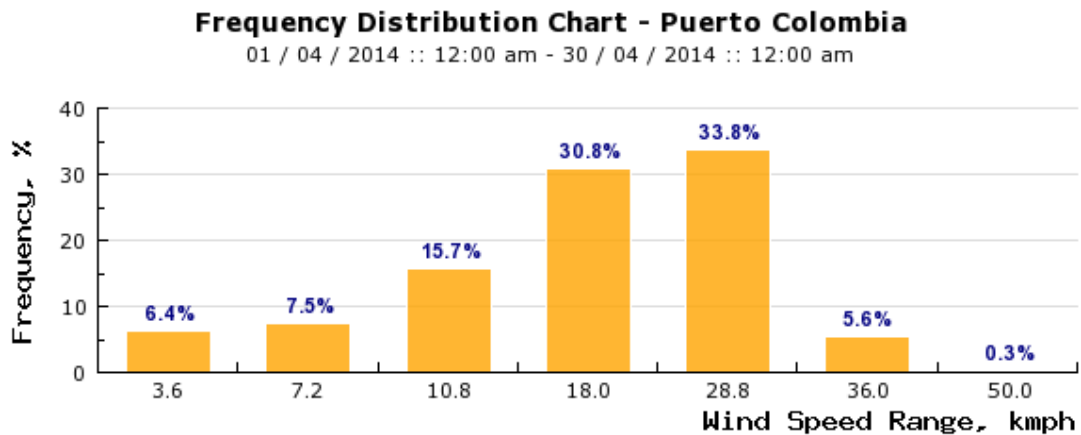


En la rosa de los vientos de marzo se pueden observar direcciones predominantes en sentido sudsudoeste, se presenta en la gráfica de frecuencias de velocidad del viento que el 37,6% del tiempo se presentó una velocidad del viento de 28,8km/h (8m/s); 28,8% del mes se presentó una velocidad de 18km/h (5m/s). De esta forma se observa que aproximadamente para este mes para la zona de modelación, osciló entre 8m/s y 5m/s.

Gráfica 6. Rosetas de viento del mes de abril.

Fuente: Autores.

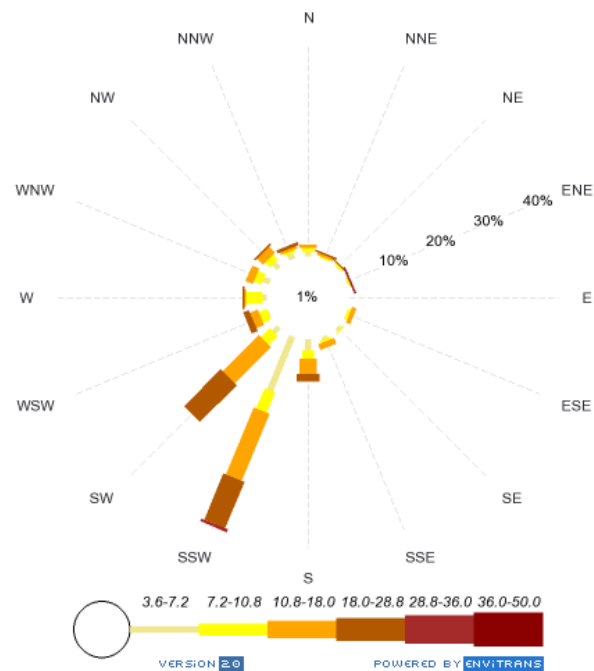




Para la rosa de los vientos de abril se observar direcciones preponderantes en sentido sudsudoeste, en la gráfica de frecuencias de velocidad del viento muestra que el 33,8% del tiempo se presentó una velocidad del viento de 28,8km/h (8m/s); 30,8% del mes se presentó una velocidad de 18km/h (5m/s). De esta forma se observa que aproximadamente para este mes para la zona de modelación, osciló entre 8m/s y 5m/s.

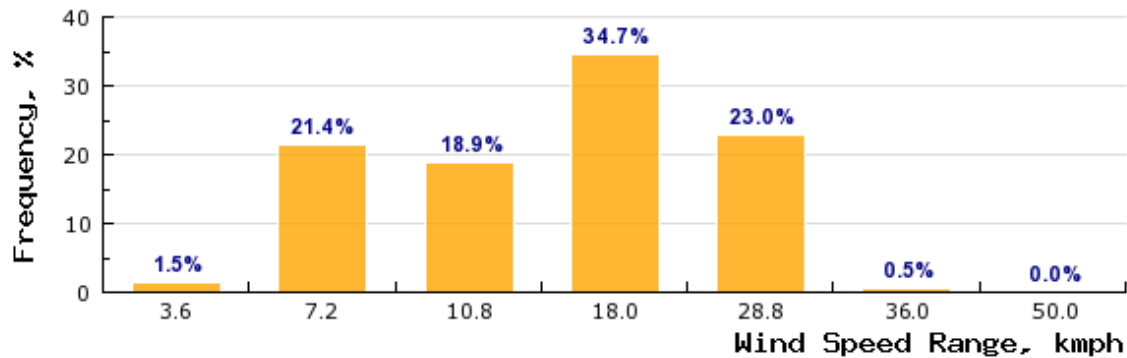
Gráfica 7. Rosetas de viento del mes de mayo

Fuente: Autores.



Frequency Distribution Chart - Puerto Colombia

01 / 05 / 2014 :: 12:00 am - 31 / 05 / 2014 :: 12:00 am

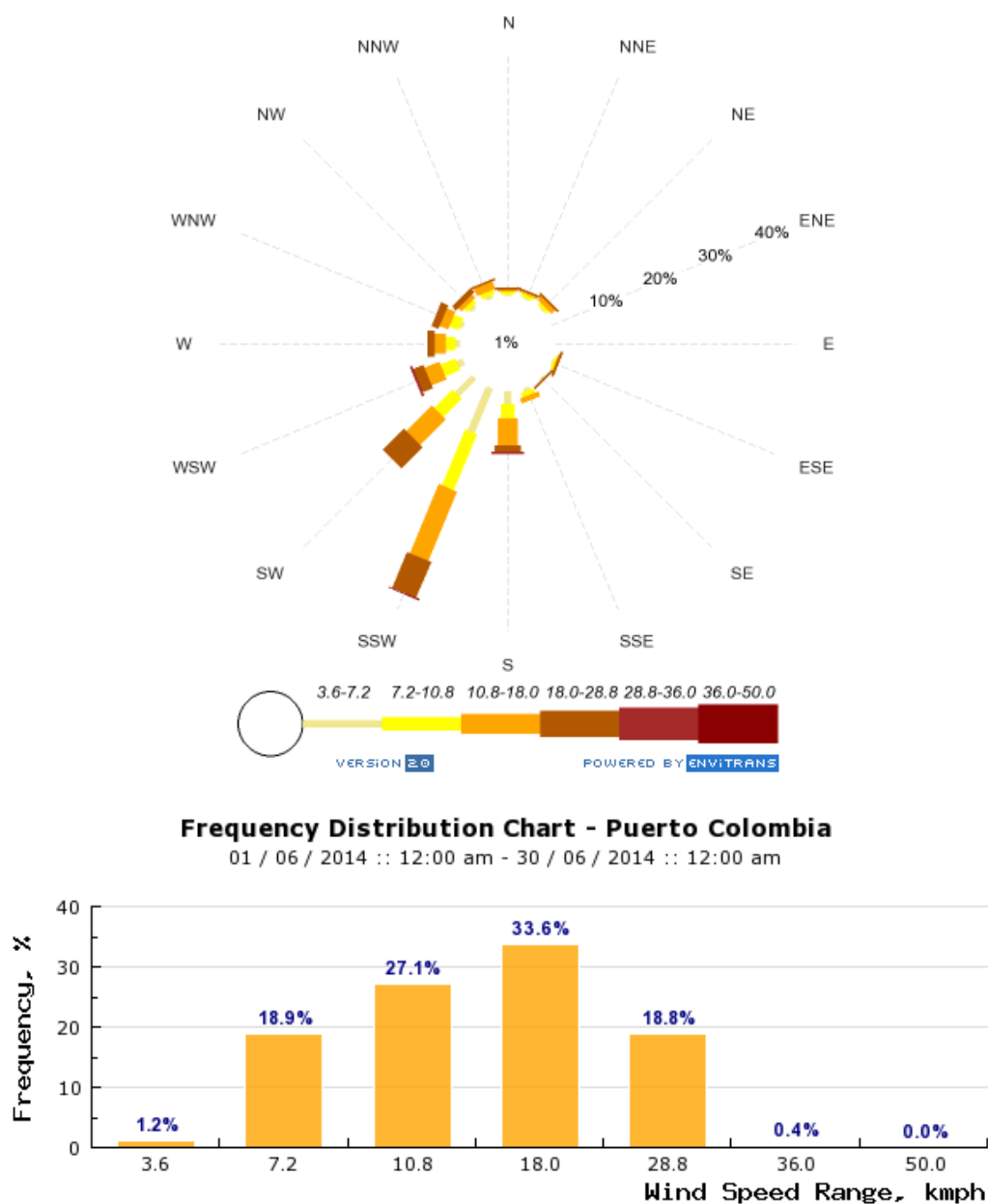


En la rosa de los vientos de mayo se pueden observar direcciones sobresalientes en sentido sudsudoeste, se presenta en la gráfica de frecuencias de velocidad del viento que el 33,6% del tiempo se mostró una velocidad del viento de 18,0km/h (5m/s); 27,1% del mes se presentó una velocidad de 10,8km/h (3m/s); 0% del tiempo se presentaron vientos “calmos”. De esta forma se observa que

aproximadamente para este mes para zona de modelación, osciló entre 5m/s y 3m/s.

Gráfica 8. Rosetas de viento del mes de junio

Fuente: Autores.



Para la rosa de los vientos de junio se observan direcciones preponderantes en sentido sudoeste, en la gráfica de frecuencias de velocidad del viento muestra que el 34,7% del tiempo se presentó una velocidad del viento de 18,0km/h (5m/s); 23,0% del mes se presentó una velocidad de 28.8km/h (8m/s). De esta forma se observa que aproximadamente para este mes para zona de modelación, osciló entre 8m/s y 5m/s.

4.4. CARACTERISTICAS RELEVANTES DE FUENTES

4.4.1. Fuentes fijas

4.4.1.1. Cantera

Los suelos del municipio de Puerto Colombia son muy ricos en rocas calizas los cuales son explotados por empresas privadas, utilizando operaciones de extracción a cielo abierto y en gran escala. Otro renglón dentro de la minería lo constituye la extracción de arena utilizada en la construcción (Alcaldía de Puerto Colombia, 2000).

4.4.1.2. Quemas

En los países tropicales han aumentado de manera significativa los incendios forestales por factores como el calentamiento global, y el desarrollo humano que cada vez requiere de más recursos naturales; por otro lado, las quemas agrícolas, la ampliación de la frontera agrícola y el descuido en el manejo del fuego, provocan incendios que causan deterioro a los recursos.

En las áreas rurales del Atlántico, en el caso puntual de Puerto Colombia, los campesinos realizan las quemas agrícolas con el fin de eliminar restos de cosechas anteriores y así facilitar la preparación del suelo para la siguiente siembra (SIAC, 2014).

4.4.2. Fuentes móviles

4.4.2.1. Automóviles

La entrada de la cantera se encuentra en la Vía al Mar. Carretera que comunica a las ciudades Barranquilla y Cartagena. En el transcurso de estos destinos, la Vía al Mar también es utilizada por el transporte intermunicipal para el acceso a los municipios Juan de Acosta, Piojó, Tubará, Puerto Colombia. Además de transporte público y particular, transita transporte de carga pesada. Las volquetas son uno de los medios de transporte de éste tipo que circula por esta vía y dentro de la cantera para la ingreso y salida de materiales de construcción.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. OBJETIVO 1: DETERMINAR LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA FRACCIÓN RESPIRABLE PM₁₀ EN LA ACTIVIDAD MINERA DE LA CANTERA.

5.1.1. Cálculo de concentraciones de PM₁₀.

Para estimar la concentración de PM₁₀ se realizó pesaje antes y después de muestrear con el Partisol 2000i (Ver Anexo 3), se descargaron los datos de flujo volumétrico y tiempo de muestreo por medio del DataLogger integrado. Posteriormente se determinaron valores máximo, mínimo y promedio para comparar con la normativa legal vigente.

Tabla 7. Concentración máxima y mínima de PM₁₀ y cumplimiento de la Norma.

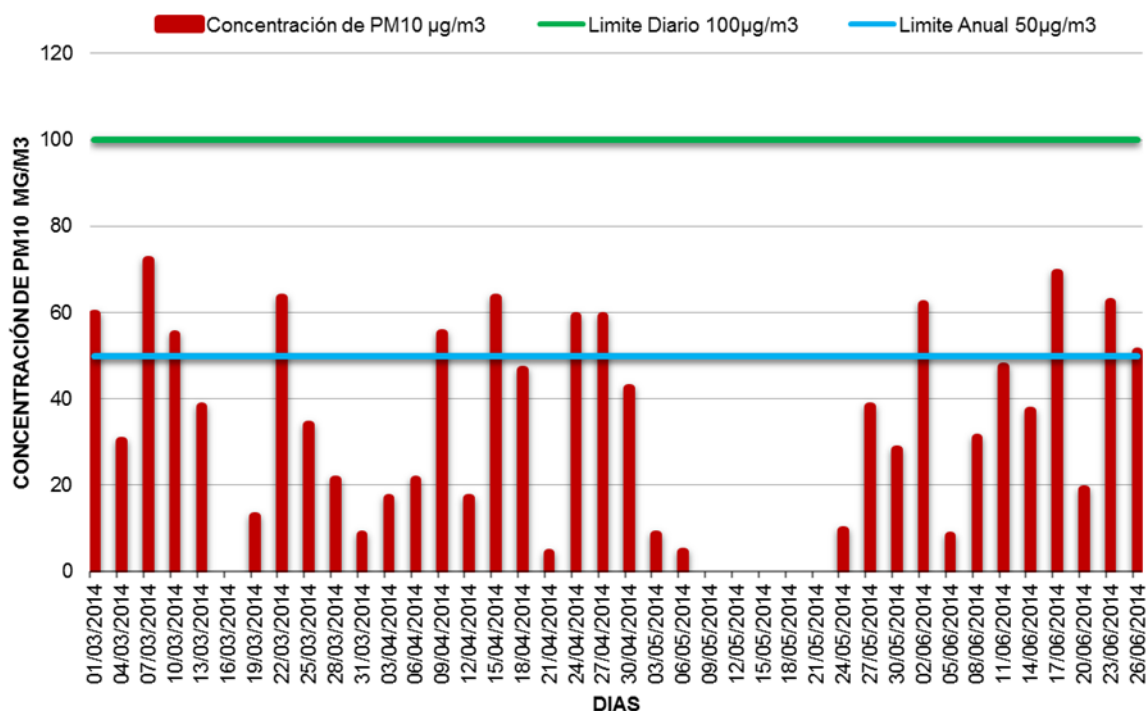
Fuente: Autores.

ESTACIÓN	Concentración Mínima (µg/m ³)	Concentración Máxima (µg/m ³)	Promedio Aritmética (µg/m ³)	Cumplimiento de Norma 24 Horas (µg/m ³)	Cumplimiento de Norma Anual (µg/m ³)
CANTERA	4.23	72.0	36.9	100	50
				CUMPLE	CUMPLE

A continuación se muestra la gráfica de la concentración de PM₁₀ en µg/m³ contra las fechas de medición.

Gráfica 9. Concentración de la fracción respirable PM₁₀ durante los cuatro (4) meses de medición.

Fuente: Autores.



En la gráfica se hace uso del límite diario de 100µg/m³ y el límite anual de 50µg/m³ establecido por la resolución 610 del 2010 del actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Se observa que el límite diario durante los cuatro (4) meses de muestreo no fue superado en ninguna instancia. Con referencia al límite anual para el mes de marzo se presentaron 4 muestra que superaron este límite, además, el día 7 es la más alta concentración de todos los muestreos con 71.9µg/m³; para el mes de abril presenta cuatro (4) muestras que superan el límite anual y el día 15 tiene la mayor concentración con 62.37µg/m³; con respecto al mes de junio se observa que en cuatro (4) fechas se superan el límite anual y el día 17 es la mayor concentración con 68.50µg/m³.

En las fechas 16/03/2014 la cantera presento fallas eléctricas y para las fechas que van de 09/05/2014 a 21/05/2014 las instalaciones eléctricas estuvieron en

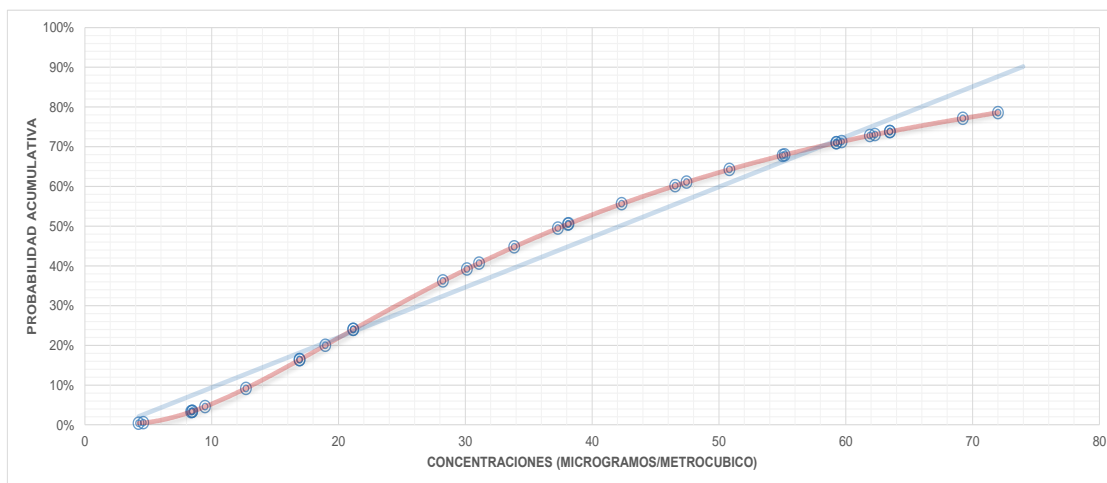
mantenimiento por parte de la entidad prestadora de servicio lo cual no permitió realizar las mediciones.

5.1.2. Cálculo de las concentraciones de fondo

Para conocer las concentraciones de fondo se aplican las distribuciones de frecuencia acumulativa log normal (Ver Anexo 8) como se presenta en el gráfico a continuación:

Gráfica 10. Distribución de frecuencia acumulativa log normal de PM₁₀ en la cantera.

Fuente: Autores.



El gráfico de frecuencia acumulativa log normal de PM₁₀ evidencia que menos del 20% de los datos recolectados para esta estación pertenecen a concentraciones de fondo con valores entre los 0 y 20 µg/m³. Los valores establecidos en un rango de entre 21 y 58 µg/m³ pertenecen a combinaciones de fuentes de contaminación cercanas y factores meteorológicos representando 50%. En el rango de 60 y 72 µg/m³ son el 10% de los datos que pertenecen a concentraciones provenientes de otras fuentes.

5.2. OBJETIVO 2: ESTABLECER LA VARIACIÓN ESPACIAL FRACCIÓN RESPIRABLE PM₁₀ DE LA CANTERA UBICADA EN EL KM 5 AUTOPISTA BARRANQUILLA - PUERTO COLOMBIA UTILIZANDO EL MODELO ISCST3.

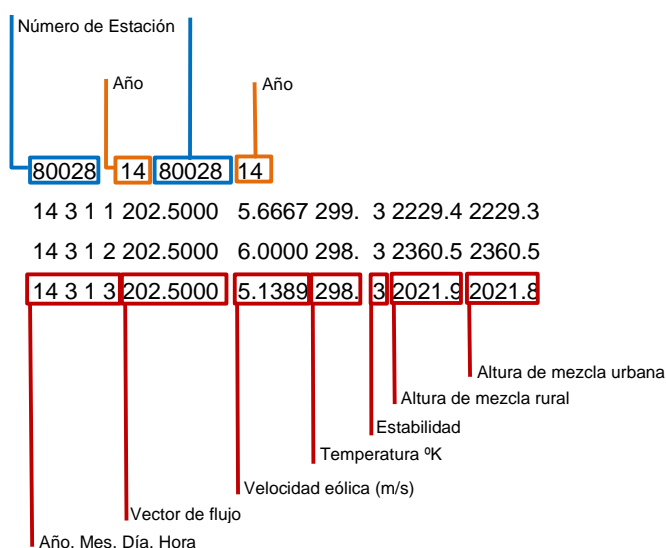
5.2.1. Estructuración de la imagen de entrada.

La modelación inicia con la estructuración de una “imagen” donde se especifican los comandos de control, las características de la fuente, información del receptor y meteorológica.

El primer archivo que se elabora es el que contiene la información meteorológica (.MET). A continuación se describe su estructura:

Ilustración 11. Estructura del archivo .met.

Fuente: Autores.



El segundo archivo que se estructura es el .INP. Este es el archivo de entrada del modelo dónde se selecciona las opciones de modelación. A continuación se presenta los .INP realizados para los cuatro meses de estudio:

- **Marzo**

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP		XS	YS	ZS
**	----	-----	-----	----	-----	
SO LOCATION	1	AREA		595.55080935252	275.60566546763	.0000
SO LOCATION	2	AREA		552.58767985612	152.85386690647	.0000
SO LOCATION	3	AREA		624.19289568345	177.40422661871	.0000
SO LOCATION	4	AREA		513.71627697842	29.079136690648	.0000
SO LOCATION	5	AREA		389.94154676259	30.102068345324	.0000

**	SRCID	QS	HS	XINIT	YINIT
**	----	----	-----	-----	-----
SO SRCPARAM	1	1.0	1.0	121.7289	102.2931
SO SRCPARAM	2	1.0	1.0	93.0868	93.0868

SO SRCPARAM 3 1.0 1.0 70.5823 121.7288
SO SRCPARAM 4 1.0 1.0 91.0409 123.7748
SO SRCPARAM 5 1.0 1.0 123.7748 123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING

ME INPUTFIL MARZO.met

ME ANEMHGHT 10.0 METERS

ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME

ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME

ME FINISHED

OU STARTING

OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND

OU MAXTABLE ALLAVE 50

OU FINISHED

- **Abril**

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP	XS	YS	ZS
**	-----	-----	-----	-----	-----
SO LOCATION	1	AREA	595.55080935252	275.60566546763	.0000
SO LOCATION	2	AREA	552.58767985612	152.85386690647	.0000
SO LOCATION	3	AREA	624.19289568345	177.40422661871	.0000
SO LOCATION	4	AREA	513.71627697842	29.079136690648	.0000
SO LOCATION	5	AREA	389.94154676259	30.102068345324	.0000

** SRCID QS HS XINIT YINIT

** -----

SO SRCPARAM 1 1.0 1.0 121.7289 102.2931

SO SRCPARAM 2 1.0 1.0 93.0868 93.0868

SO SRCPARAM 3 1.0 1.0 70.5823 121.7288

SO SRCPARAM 4 1.0 1.0 91.0409 123.7748

SO SRCPARAM 5 1.0 1.0 123.7748 123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING

ME INPUTFIL ABRIL.met

ME ANEMHGHT 10.0 METERS

ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME

ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME

ME FINISHED

OU STARTING

OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND

OU MAXTABLE ALLAVE 50

OU FINISHED

- **Mayo**

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP	XS	YS	ZS
**	----	-----	-----	-----	-----
SO LOCATION	1	AREA	595.55080935252	275.60566546763	.0000
SO LOCATION	2	AREA	552.58767985612	152.85386690647	.0000

SO LOCATION	3	AREA	624.19289568345	177.40422661871	.0000
SO LOCATION	4	AREA	513.71627697842	29.079136690648	.0000
SO LOCATION	5	AREA	389.94154676259	30.102068345324	.0000

** SRCID QS HS XINIT YINIT

** -----

SO SRCPARAM	1	1.0	1.0	121.7289	102.2931
SO SRCPARAM	2	1.0	1.0	93.0868	93.0868
SO SRCPARAM	3	1.0	1.0	70.5823	121.7288
SO SRCPARAM	4	1.0	1.0	91.0409	123.7748
SO SRCPARAM	5	1.0	1.0	123.7748	123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING

ME INPUTFIL MAYO.met

ME ANEMHGHT 10.0 METERS

ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME

ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME

ME FINISHED

OU STARTING

OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND

OU MAXTABLE ALLAVE 50

OU FINISHED

- ***Junio***

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP		XS	YS	ZS
**	----	-----	-----	-----	-----	
SO LOCATION	1	AREA		595.55080935252	275.60566546763	.0000
SO LOCATION	2	AREA		552.58767985612	152.85386690647	.0000
SO LOCATION	3	AREA		624.19289568345	177.40422661871	.0000
SO LOCATION	4	AREA		513.71627697842	29.079136690648	.0000
SO LOCATION	5	AREA		389.94154676259	30.102068345324	.0000

**	SRCID	QS	HS	XINIT	YINIT
**	-----	----	----	-----	-----
SO SRCPARAM	1	1.0	1.0	121.7289	102.2931
SO SRCPARAM	2	1.0	1.0	93.0868	93.0868
SO SRCPARAM	3	1.0	1.0	70.5823	121.7288
SO SRCPARAM	4	1.0	1.0	91.0409	123.7748
SO SRCPARAM	5	1.0	1.0	123.7748	123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING

ME INPUTFIL JUNIO.met

ME ANEMHGHT 10.0 METERS

ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME

ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME

ME FINISHED

OU STARTING

OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND

OU MAXTABLE ALLAVE 50

OU FINISHED

5.2.2. Resultados de la ejecución del modelo (.OUT).

Al finalizar la ejecución del programa se obtuvo un archivo .OUT por cada mes de muestreo. Este archivo proporciona las concentraciones del contaminante calculadas por el modelo en una grilla suministrada en el archivo .INP. El modelo presenta concentraciones promedio y máximas para cada uno de los meses ejecutados (Ver Anexos 4, 5, 6 y 7).

5.2.3. Validación del modelo ISCST3.

La comparación entre las concentraciones medidas y simuladas se efectúa para validar el modelo por medio del método RMS (Ver Anexo 9, 10, 11 y 12) obteniendo los resultados a continuación:

Tabla 8. Resultados de la validación del modelo ISCST3 con el RMS.
Fuente: Autores.

MES	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Numero de Datos (N)	10.00	10.00	5.00	9.00
RMS	22	20	40	20
Comportamiento	Inaceptable	Aceptable	Inaceptable	Aceptable

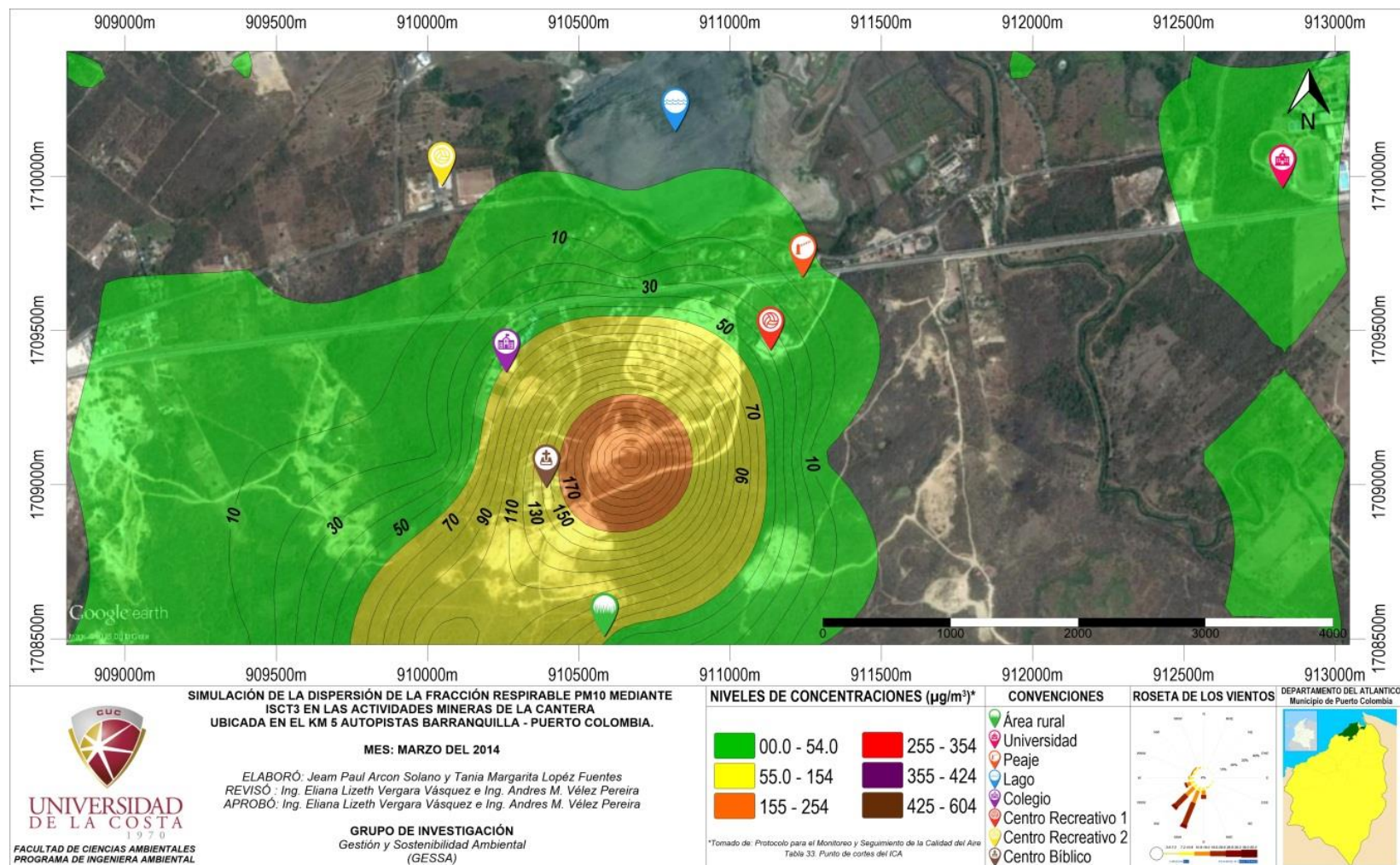
La comparación entre las concentraciones medidas y simuladas se efectuaron en la ubicación de la estación de monitoreo en las mismas fechas de muestreo en campo. Al aplicar el modelo RMS se obtuvo valores mensuales, que según lo establecido por los autores Dias y López, en el mes de marzo el modelo tuvo un comportamiento inaceptable con un error mayor a 20%. En abril y junio, el comportamiento es aceptable. En el caso del mes de mayo, el modelo sobreestimó concentraciones ya que el número de datos en campo fueron menores a los meses anteriores por fallas de energía eléctrica durante los monitoreos. Además, el tiempo de medición diaria no siempre fue igual a 24 horas, caso contrario con el modelo que realiza las estimaciones de las concentraciones por ese tiempo. Por último, los cálculos del modelo ISCST3 consideran deposición de la concentración por día acumulado.

5.3. OBJETIVO 3: IDENTIFICAR EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA FRACCIÓN RESPIRABLE PM₁₀ GENERADA EN LA ACTIVIDAD MINERA DE LA CANTERA UBICADA EN EL KM 5 AUTOPISTA BARRANQUILLA - PUERTO COLOMBIA.

5.3.1. Posprocesamiento de la simulación

Se visualiza con Golden Surfer® la variación espacial de las concentraciones promedio mensuales de PM₁₀ calculadas por el modelo ISCST3:

Ilustración 12. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM₁₀ proveniente de la cantera. Mes marzo.
Fuente: Autores.



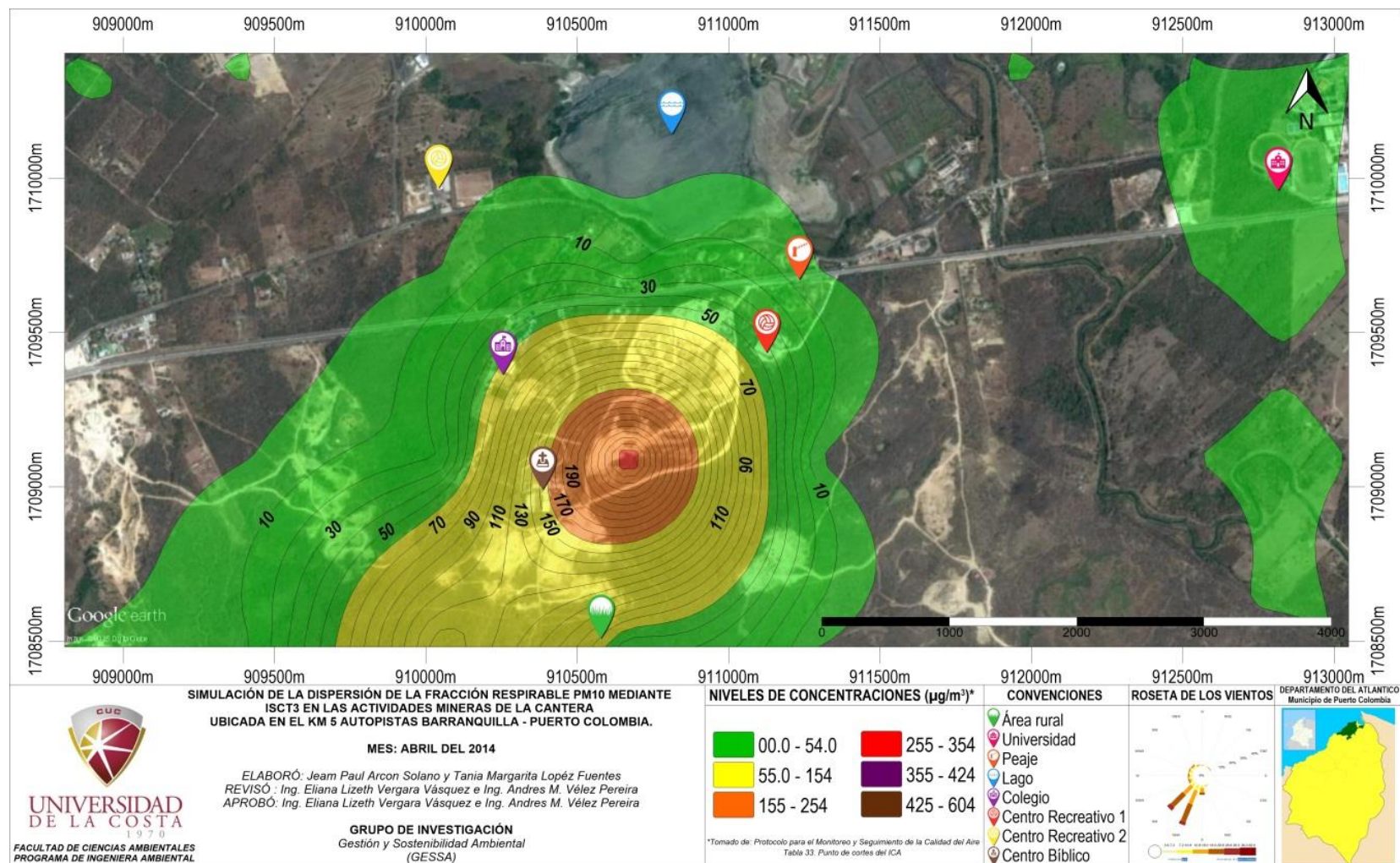
Las gráficas de isopletras muestran en el mes de marzo la dispersión del PM₁₀. Se da desde el noreste hacia el suroeste y el foco de emisión del contaminante es el área dónde se realiza la trituración de material, siendo ésta la zona con mayor generación de material particulado con una concentración de 245 µg/m³.

A continuación se relacionan los lugares cercanos al área de estudio y la concentración promedio mensual de PM₁₀ a los cuales están expuestas en periodos de 24 horas.

Tabla 9. Concentraciones de PM₁₀ en los lugares de interés para marzo.
Fuente: Autores.

Lugar	Concentración (µg/m ³)	Res. 610/2010 Valor Máx. Permisible 100 µg/m ³
Lago	0	CUMPLE
Universidad	0,5	CUMPLE
Centro Recreativo 1	39	CUMPLE
Centro Recreativo 2	0	CUMPLE
Peaje	6	CUMPLE
Colegio	65	CUMPLE
Centro Bíblico	146	NO CUMPLE
Área rural	64	CUMPLE

Ilustración 13. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM10 proveniente de la cantera. Mes abril.
Fuente: Autores.



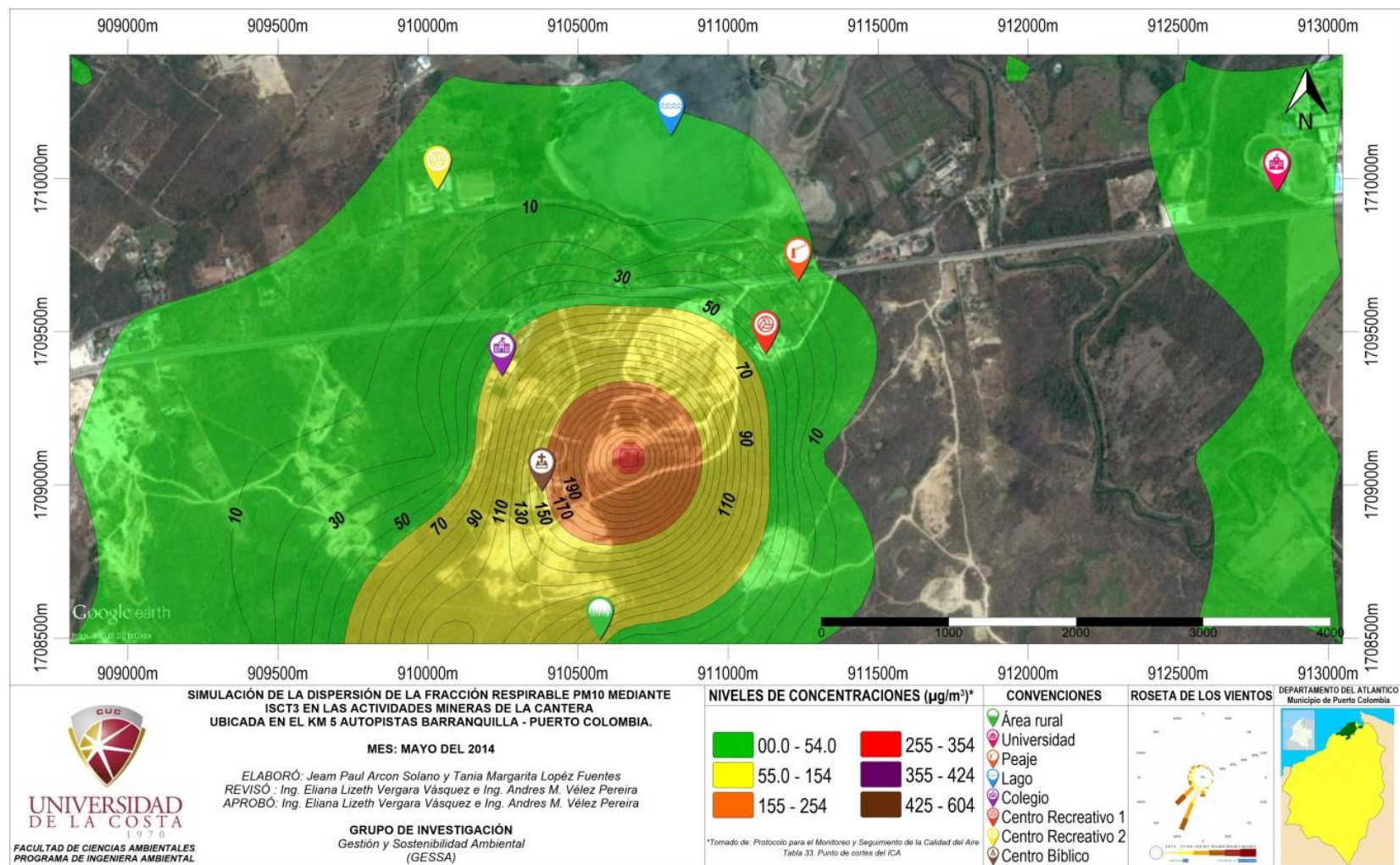
Durante el mes de abril la dispersión de la fracción respirable PM₁₀ presenta un comportamiento similar al mes anterior en cuanto a la dirección o desplazamiento del contaminante, esta va desde el noreste hacia el suroeste y el foco de emisión del contaminante es el área dónde se realiza la trituración de material, siendo ésta la zona con mayor generación de material particulado con una concentración de 264 µg/m³ aproximadamente.

En detalle se observa que las actividades operativas realizadas en el área de estudio nuevamente generan excedencias normativas en cuanto a la Resolución 610 de 2010 para periodos de exposición de 24 horas al interior de la cantera. A continuación se presentan las concentraciones del contaminante PM₁₀ en los lugares de interés cercanos a la cantera:

Tabla 10. Concentraciones de PM₁₀ en los lugares de interés para abril.
Fuente: Autores.

Lugar	Concentración (µg/m ³)	Res. 610/2010 Valor Máx. Permisible 100 µg/m ³
Lago	0	CUMPLE
Universidad	0,5	CUMPLE
Centro Recreativo 1	42	CUMPLE
Centro Recreativo 2	0	CUMPLE
Peaje	5,7	CUMPLE
Colegio	67,5	CUMPLE
Centro Bíblico	157	NO CUMPLE
Área rural	69	CUMPLE

Ilustración 14. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM₁₀ proveniente de la cantera. Mes mayo.
Fuente: Autores.



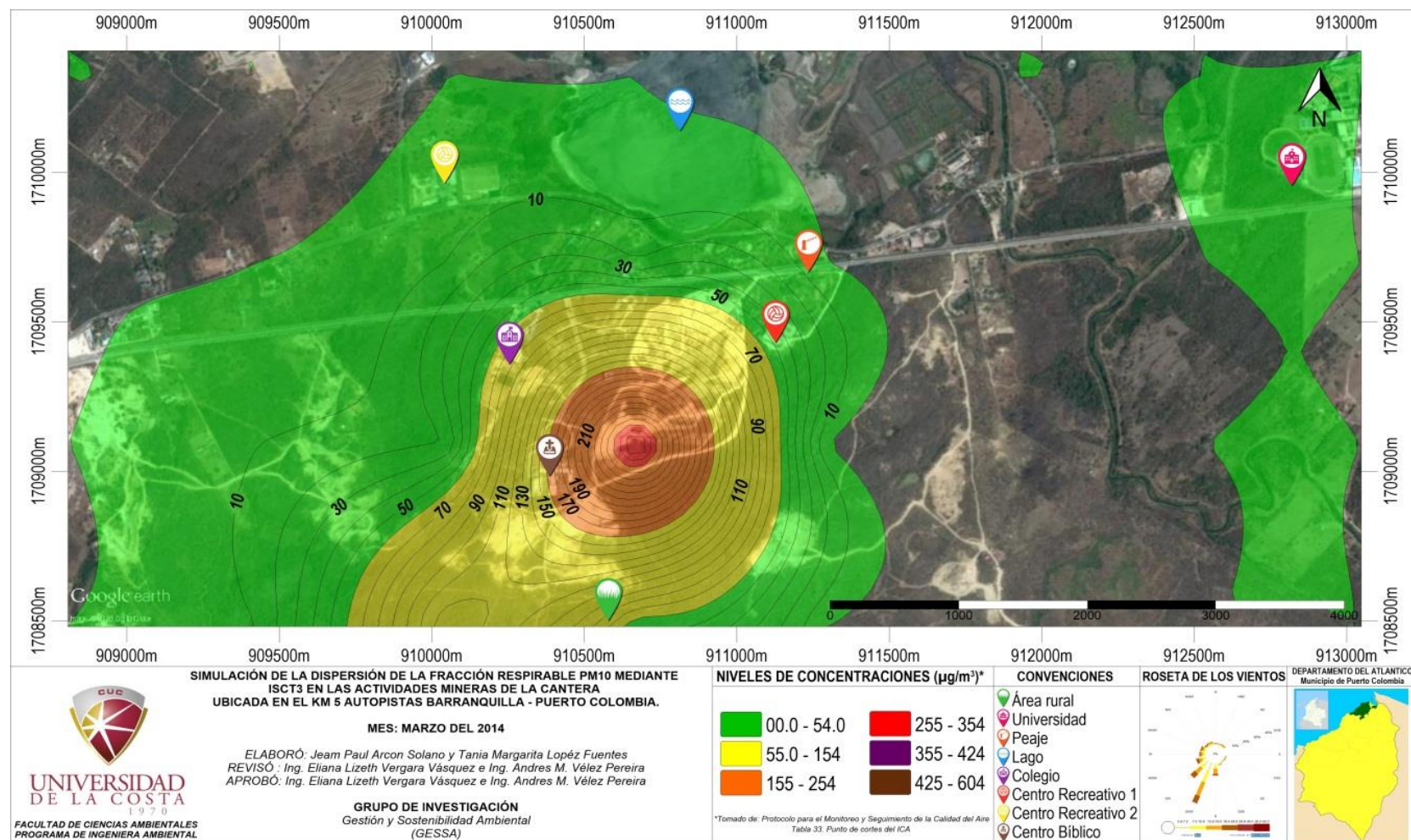
Para el período de mayo la simulación de la fracción respirable PM₁₀ de la cantera presenta un comportamiento análogo a los meses anteriores en cuanto a la dirección o desplazamiento del contaminante, este va desde el noreste hacia el suroeste pero con cierta dispersión hacia noreste y este, el foco de emisión del contaminante es el área dónde se realiza la trituración de material, siendo ésta la zona con mayor generación de material particulado con una concentración de 273 µg/m³ aproximadamente.

Las actividades operativas realizadas en el área de estudio nuevamente generan excedencias normativas en cuanto a la Resolución 610 de 2010 para periodos de exposición de 24 horas al interior de la cantera. Se presentan las concentraciones de lugares de interés para el mes de mayo en comparación con la normativa:

Tabla 11. Concentraciones de PM₁₀ en los lugares de interés para mayo.
Fuente: Autores.

Lugar	Concentración (µg/m ³)	Res. 610/2010 Valor Máx. Permisible 100 µg/m ³
Lago	1	CUMPLE
Universidad	0,5	CUMPLE
Centro Recreativo 1	48,7	CUMPLE
Centro Recreativo 2	3	CUMPLE
Peaje	8,1	CUMPLE
Colegio	73,6	CUMPLE
Centro Bíblico	150	NO CUMPLE
Área rural	66	CUMPLE

Ilustración 15. Distribución espacial de la concentración de material particulado PM10 proveniente de la cantera. Mes junio.
Fuente: Autores.



Las isopletras muestran en el mes de junio la dispersión del PM₁₀ las cuales están direccionadas desde el noreste hacia el suroeste y el foco de emisión del contaminante es el área dónde se realiza la trituración de material, siendo ésta la zona con mayor generación de material particulado con una concentración de 283 µg/m³ aproximadamente.

Las actividades operativas realizadas en el área de estudio generan excedencias normativas en cuanto a la Resolución 610 de 2010 para periodos de exposición de 24 horas al interior de la cantera. A continuación se presenta una tabla con las concentraciones de los lugares de interés para el mes de junio.

Tabla 12. Concentraciones de PM₁₀ en los lugares de interés para junio.

Fuente: Autores.

Lugar	Concentración (µg/m ³)	Res. 610/2010 Valor Máx. Permisible 100 µg/m ³
Lago	0,8	CUMPLE
Universidad	0,5	CUMPLE
Centro Recreativo 1	48,5	CUMPLE
Centro Recreativo 2	2,9	CUMPLE
Peaje	9,2	CUMPLE
Colegio	77	CUMPLE
Centro Bíblico	163	NO CUMPLE
Área rural	74	CUMPLE

CONCLUSIONES

La predicción del comportamiento de un contaminante por medio de la modelación resulta un aporte relevante para la prevención de riesgos ambientales y de salud pública. La modelación matemática es un método de predicción, que para el caso de estudio, se utiliza el ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term) para estimar el contaminante PM_{10} en la cantera ubicada en el departamento del Atlántico, lo que representa una contribución para las investigaciones en calidad del aire en beneficio de la población, autoridades ambientales y empresarios del departamento.

Con base a los resultados de este proyecto, se cumple con los objetivos planteados obteniendo las siguientes conclusiones en cuanto a la ejecución del modelo ISCST3 y su correlación con los resultados obtenidos del muestreo en campo:

- En la relación teórico práctica del modelo, se valida con el método RMS, obteniendo como resultado aceptable para los meses de abril y junio, respectivamente, lo que permite concluir que el modelo presenta una buena correlación entre lo observado en campo y lo calculado. Sin embargo, para el mes de marzo y mayo se obtuvo una correlación inaceptable por la deficiencia en los tiempos de muestreo diario en campo, lo que genera la sobreestimación del modelo por tener consideraciones ideales.
- El foco de emisión con mayor concentración de PM_{10} estimado por el modelo es el área con alta actividad de trituración en la cantera.
- La generación y transporte de PM_{10} de la cantera impacta negativamente áreas de influencia directa e indirecta. Las áreas de influencia directa son las oficinas administrativas de la cantera y las garitas de vigilancia, las cuales están expuestas a concentraciones que van desde $50 \mu g/m^3$ a $110 \mu g/m^3$. El área de influencia indirecta que resulta más afectada por la contaminación es el centro bíblico y el colegio, ubicados al este de la cantera, ubicación que no es favorable teniendo en cuenta la dirección del viento.

RECOMENDACIONES

- Es importante que las autoridades ambientales del departamento del Atlántico promuevan la ejecución del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire porque sería la base para este tipo de investigación donde la carencia de información en lo que respecta a calidad de aire es notable, limitando los estudios.
- El aspecto meteorológico en el departamento esta solo referenciado en el aeropuerto Ernesto Cortissoz, aunque presente las condiciones aceptables por el IDEAM, es necesario que se tenga más estaciones meteorológicas puesto que el departamento se encuentra ubicado en una zona costera la cual tiene un comportamiento demasiado variable que debe ser cuantificado.
- En el caso de la cantera, existen diversos mecanismos encaminados a la disminución en las emisiones generadas por las actividades de explotación, tales como encerramiento de las áreas de interés y aplicación de lavado al producto terminado los cuales tienen un efecto contundente en las emisiones. Es recomendable estudiar la posibilidad de implementación de dichos mecanismos para la cantera.
- Se recomienda aumentar la frecuencia de humectación de las vías con el fin de disminuir las emisiones por tráfico al interior de la mina.
- Debido a que las mayores concentraciones de PM10 se encontraron al interior de la mina, se recomienda prestar atención a la salud ocupacional de los trabajadores al interior de la cantera.
- Las ventajas de la modelación deberían ser aprovechadas por las autoridades ambientales, no solo como requisito al sector privado, si no visionarlo al bienestar de la población. Los resultados que se obtienen por parte del sector privado no trascienden como herramienta predictiva, por ello este proyecto está encaminado a ser un referente para posteriores estudios de simulación en el departamento del Atlántico, permitiendo alertar a las poblaciones posiblemente afectadas.

BIBLIOGRAFÍA

Abril, G., & Diez, S. (2006). Modelado de la dispersión de material particulado PM10 mediante la estimación de las tasas de emisión considerando la influencia de la meteorología local. *FCEF, CONICET, CIQA y UTN - FRC. Cordoba - Argentina*.

Alcaide López de la Manzanara, M. T. (2000). *Efectos ambientales del tráfico urbano: La evaluación de la contaminación atmosférica en Madrid*. Madrid: Tesis Doctoral de Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.

Alcaldía de Puerto Colombia. (2000). *plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Puerto Colombia.

Alonso Serrano, A., Garcia Sanz, L., Leon Rodrigo, I., Garcia Gordo, E., Gil Alvaro, B., & Rios Brea, L. (2010). *Metodo de Investigacion de enfoque experimental*. Madrid, España: Universidad Autonoma de Madrid.

Baker, J., Berry, N., Cohanin, S., Durkee, K., Moaveni, V., Pham, M., & Polidori, A. (2012). *Air Quality Management Plan*. Southern Californians: Sout Coast Air Quality Management.

Banco de la República. (2002). *El crecimiento económico colombiano del siglo XX*. Bogotá D.C., Colombia.

Baroutian, Mohebbi, & Soltani. (2006). Measuring and modeling particulate dispersion: A case study of a Kerman Cement Plant. *Journal of Hazardous Materials*, 468- 474.

Botlaguduru, V. S. (2009). *Comparison of AERMOD and ISCST3 Models for particulate Emissions from ground levels Sources*. Texas - United States: Acharya Nagarjuna University.

Conde Villabona, O. R. (2008). *Tesis: Aplicación y evaluación de la herramienta de modelación Breeze - ISCST3 para la dispersión de los contaminantes atmosféricos emitidos por la empresa Harinagro S.A*. Bucaramanga Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana - Facultad de Ingeniería Ambiental.

Dias, J. y López, J. (2006). *Implementation and Assessment of Hydrodynamic, Salt and Heat Transport Models: The Case of Ria de Aveiro Lagoon*. Portugal. Environmental Modelling and Software, 21, 1-15

DEFENSORÍA DEL PUEBLO-COLOMBIA. (2010). *La Minería de hecho en Colombia*. Bogotá D.C.

Esperter Alemany, V., & López Jiménez, P. A. (2000). *Dispersión de contaminantes en la atmósfera*. Valladolid: Editorial Alfaomega.

FEDESARROLLO. (2008). *La Minería en Colombia: Impacto Socioeconómico y Fiscal*. Bogotá D.C.

Gallego Martínez, E. (2010). *Tesis: Inventario de emisiones de partículas y modelado de su transporte a partir de fuentes de área de una industria minera*. San Luis Potosí. Mexico: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ciencias Químicas ingeniería y Medicina.

IDEAM. (2001). *El Medio Ambiente en Colombia*. Bogotá D.C.

IDEAM. (2012). *Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010*. Bogotá.

INCOPLAN S.A. (2010). *Estudio técnico Sectorial "Infraestructura de Transporte Multimodal y de Logísticas Integradas para el Desarrollo de la Industria Minera en Colombia, con Énfasis en Puertos"*. Bogotá.

Kiely. (1999). *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Higher Education.

Lazo, P., Cúre, M., & Gaete, H. (2006). Modelación de la dispersión de anhídrido sulfuroso en la comuna de Puchuncavi utilizando el programa ISC3. *Revista Chilena de Ingeniería*, 229 - 237.

Legates, D.R. y McCabe, Jr., G.J. (1999). Evaluating the use of "goodness of fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Res.*, 35. 233-241.

Manzur, M., Benzaí, G., & González, S. (2012). Modelo de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos. *7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM*, (págs. 1-19). Tucumán.

Ministerio de Minas y Energía. (26 de Julio de 2008). Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: www.minminas.gov.co

Moreno, L., Balaguer, C., & Garrido, S. (2003). *Ingeniería de control: Modelado y control de sistemas dinámicos*. Barcelona: Editorial Ariel S.A.

Noll, K. & Miller T. (1977) *Air monitoring survey design*. Michigan: An Arbor Science Publisher Inc.

Orozco Barrenetxea, C., Alfayate Blanco, J. M., Gonzáles Delgado, M. N., Pérez Serrano, A., & Rodríguez Vidal, F. (2008). *Contaminación ambiental: Una visión desde la química*. Madrid: Paraninfo.

Peralta, & Et al. (2005). Modelamiento de dispersión de contaminantes en la atmosfera emitidos por generadores termoelectricos moviles. . *Guayaquil - Mexico*.

Pope, C., & Dockery, D. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 1368–1380.

Prato Sánchez, D. F. (2012). *Modelación de la dispersión de material particulado en zona minera del Cesar Colombia Usando Fluente (CFD)*. Bogota Colombia: Universidad EAN Facultad de Ingeniería.

Sánchez, E., & Uribe, E. (1994). Contaminación Atmosférica. En C. H. E. Sánchez, *La Contaminación Industrial en Colombia*. Bogotá D.C: DNP. PNUD.

Sanín Cortés, N. (2002). *Construcción de un Modelo Tridimensional para Ajuste de Campos de Viento y Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera*. Las Palmas de Gran Canaria: Tesis Doctoral de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

SIAC. (12 de Agosto de 2014). *Sistema de Información Ambiental de Colombia*. Obtenido de <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=693&conID=815&pagID=737>

Stewart, J. (2007). *Calculo Diferencial E Integral*. Mexico D.F.: Thomson .

Vergara Vásquez, E. L., & García Renteria, F. F. (2010). Variación espacial y temporal de la Fracción Respirable (PM10) en la ciudad de Santa Marta en el

2009. *Ingenieria: La ingenieria en el Marco de la Internacionalización y el Desarrollo Sostenible en America Latina y el Caribe*, 19 - 25.

Villabona, O. C. (2008). Aplicación y Evaluación de la Herramienta de Modelación Breeze ISCST3 para la Dispersión de los Contaminantes Atmosféricos Emitidos por la Empresa Harinagro S.A. *Trabajo de grado*. Bucaramanga.

World Trade Organization. (2007). *Annual Report*.

Yang, Chang, Tsai, Chuang, Ho, Wu, & Sung. (2003). Preterm delivery among people living around Portland cement plants. *Environ. Res.* 92, 64-68.

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de las concentraciones de PM10 a condiciones de referencia.

Fuente: Autores.

CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN MASICA DE PM10														
ID Filtro	Da	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Masa (g)	Masa (µg)	Tiempo de Muestra (h:min)	Diferencia Tiempo de Muestra (min)	Conversión a Horas	Tiempo de Muestra (h)	Tiempo de Muestra (min)	Flujo Volumétrico (L/min)	Flujo Volumétrico en condiciones de referencia (m³/min)	Bar (mmHg)	Bar (mmHg) T (K)
1	26/02/2014	0.1465	0.149	0.0025	2500.0	23:36	-24	0.60	23:60	1416.00	16.7	0.01608	23.2334522	760.00
3	01/03/2014	0.1535	0.1549	0.0014	1400.0	23:50	-10	0.83	23:83	1430.00	16.7	0.0167	23.4631342	238.15
5	04/03/2014	0.1518	0.1525	0.0007	700.0	24:36:00	-24	0.60	23:60	1416.00	16.7	0.01608	23.2334522	760.00
7	07/03/2014	0.1493	0.151	0.0017	1700.0	23:59	-1	0.88	23:88	1430.00	16.7	0.0167	23.6108043	760.00
9	10/03/2014	0.1556	0.1518	0.0033	3300.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.01608	23.6272129	760.00
11	13/03/2014	0.1488	0.1497	0.0009	900.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
13	16/03/2014	0.1502	0.1493	0.0009	900.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
15	19/03/2014	0.1488	0.1503	0.0015	1500.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
17	22/03/2014	0.1497	0.1505	0.0008	800.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
19	25/03/2014	0.1533	0.1538	0.0005	500.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
21	28/03/2014	0.1474	0.1482	0.0008	800.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
23	31/03/2014	0.1497	0.1501	0.0004	400.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
25	03/04/2014	0.1502	0.1507	0.0005	500.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
27	06/04/2014	0.1472	0.1465	0.0007	700.0	23:56	-4	0.93	23:56	1430.00	16.7	0.0167	23.6108043	760.00
29	09/04/2014	0.1454	0.1463	0.0009	900.0	23:59	-1	0.88	23:59	1430.00	16.7	0.0167	23.6108043	760.00
31	12/04/2014	0.1474	0.1489	0.0015	1500.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
33	15/04/2014	0.1502	0.1513	0.0011	1100.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
35	18/04/2014	0.1535	0.1536	1E-04	100.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
37	21/04/2014	0.1475	0.1489	0.0014	1400.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
39	24/04/2014	0.1434	0.1448	0.0014	1400.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
41	27/04/2014	0.1502	0.1512	0.001	1000.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
43	30/04/2014	0.1504	0.1506	0.0002	200.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
45	03/05/2014	0.1583	0.154	0.0007	700.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
47	06/05/2014	0.1583	0.154	0.0007	700.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
49	09/05/2014	0.1583	0.154	0.0007	700.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
51	12/05/2014	0.1583	0.154	0.0007	700.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
53	15/05/2014	0.1583	0.154	0.0007	700.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
55	18/05/2014	0.1583	0.154	0.0007	700.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
57	21/05/2014	0.1583	0.154	0.0007	700.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
59	24/05/2014	0.1498	0.1493	0.0005	500.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
61	27/05/2014	0.1498	0.1493	0.0005	500.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
63	30/05/2014	0.1498	0.1493	0.0005	500.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
65	02/06/2014	0.1498	0.1493	0.0005	500.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
67	05/06/2014	0.1498	0.1493	0.0005	500.0	23:34	-26	0.57	23:57	1414.00	16.7	0.0167	23.2006965	760.00
69	08/06/2014	0.15305	0.1538	0.000765	765.0	23:00	60	2.00	25:00	1500.00	16.7	0.0167	24.6116706	760.00
71	11/06/2014	0.15305	0.1538	0.000765	765.0	23:00	60	2.00	25:00	1500.00	16.7	0.0167	24.6116706	760.00
73	14/06/2014	0.14854	0.1484	0.00006	60.0	23:25	-35	0.42	23:42	1405.00	16.7	0.0167	23.0523957	760.00
75	17/06/2014	0.154304	0.1559	0.001596	1596.0	23:25	-35	0.42	23:42	1405.00	16.7	0.0167	23.0523957	760.00
77	20/06/2014	0.14865	0.1484	0.000235	235.0	23:17	-42	0.30	23:30	1380.00	16.7	0.0167	22.9386507	760.00
79	23/06/2014	0.14708	0.1485	0.001472	1472.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00
81	26/06/2014	0.15389	0.1546	0.001201	1201.0	24:00:00	0	1.00	24:00	1440.00	16.7	0.0167	23.6272129	760.00

Anexo 2. Archivo .OUT Marzo.

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP		XS	YS	ZS
**	----	-----	-----	-----	-----	-----

SO LOCATION	1	AREA	595.55080935252	275.60566546763	.0000
SO LOCATION	2	AREA	552.58767985612	152.85386690647	.0000
SO LOCATION	3	AREA	624.19289568345	177.40422661871	.0000
SO LOCATION	4	AREA	513.71627697842	29.079136690648	.0000
SO LOCATION	5	AREA	389.94154676259	30.102068345324	.0000

**	SRCID	QS	HS	XINIT	YINIT
**	-----	----	----	-----	-----

SO SRCPARAM	1	1.0	1.0	121.7289	102.2931
SO SRCPARAM	2	1.0	1.0	93.0868	93.0868
SO SRCPARAM	3	1.0	1.0	70.5823	121.7288
SO SRCPARAM	4	1.0	1.0	91.0409	123.7748
SO SRCPARAM	5	1.0	1.0	123.7748	123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING

ME INPUTFIL MARZO.met

ME ANEMHGHT 10.0 METERS

ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME

ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME

ME FINISHED

OU STARTING

OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND

OU MAXTABLE ALLAVE 50

OU FINISHED

*** SETUP Finishes Successfully ***

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 1

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** MODEL SETUP OPTIONS SUMMARY ***

**Intermediate Terrain Processing is Selected

**Model Is Setup For Calculation of Average CONCentration Values.

-- SCAVENGING/DEPOSITION LOGIC --

**Model Uses NO DRY DEPLETION. DDPLETE = F

**Model Uses NO WET DEPLETION. WDPLETE = F

**NO WET SCAVENGING Data Provided.

**Model Does NOT Use GRIDDED TERRAIN Data for Depletion Calculations

**Model Uses RURAL Dispersion.

**Model Uses Regulatory DEFAULT Options:

1. Final Plume Rise.
2. Stack-tip Downwash.
3. Buoyancy-induced Dispersion.
4. Use Calms Processing Routine.
5. Not Use Missing Data Processing Routine.
6. Default Wind Profile Exponents.
7. Default Vertical Potential Temperature Gradients.
8. "Upper Bound" Values for Supersquat Buildings.
9. No Exponential Decay for RURAL Mode

**Model Assumes Receptors on FLAT Terrain.

**Model Assumes No FLAGPOLE Receptor Heights.

**Model Calculates 1 Short Term Average(s) of: 24-HR
and Calculates PERIOD Averages

**This Run Includes: 5 Source(s); 1 Source Group(s); and 40 Receptor(s)

**The Model Assumes A Pollutant Type of: PM10

**Model Set To Continue RUNning After the Setup Testing.

****Output Options Selected:**

Model Outputs Tables of PERIOD Averages by Receptor

Model Outputs Tables of Highest Short Term Values by Receptor (RECTABLE Keyword)

Model Outputs Tables of Overall Maximum Short Term Values (MAXTABLE Keyword)

****NOTE:** The Following Flags May Appear Following CONC Values: c for Calm Hours

m for Missing Hours

b for Both Calm and Missing Hours

****Misc. Inputs:** Anem. Hgt. (m) = 10.00 ; Decay Coef. = 0.0000 ; Rot. Angle = 0.0

Emission Units = (GRAMS/(SEC-M**2)) ; Emission Rate Unit Factor = 0.40000E-04

Output Units = GRAMS/CUBIC-METER

****Input Runstream File:** AREAJTP.INP ; ****Output Print File:** AREAJTMAR.OUT

****Detailed Error/Message File:** ERRORS.OUT

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 2

****MODELOPTs:** CONC RURAL FLAT DFAULT

*** AREA SOURCE DATA ***

NUMBER	EMISSION RATE	COORD (SW CORNER)	BASE	RELEASE	X-DIM	Y-DIM	ORIENT.	INIT.	
EMISSION RATE									
SOURCE	PART. (USER UNITS	X	Y	ELEV.	HEIGHT	OF AREA	OF AREA	OF AREA	SZ
SCALAR VARY									
ID	CATS.	/METER**2)	(METERS)	(METERS)	(METERS)	(METERS)	(METERS)	(METERS)	(DEG.)
(METERS)	BY								

1	0	0.10000E+01	595.6	275.6	0.0	1.00	121.73	102.29	0.00	0.00
2	0	0.10000E+01	552.6	152.9	0.0	1.00	93.09	93.09	0.00	0.00

3	0	0.10000E+01	624.2	177.4	0.0	1.00	70.58	121.73	0.00	0.00
4	0	0.10000E+01	513.7	29.1	0.0	1.00	91.04	123.77	0.00	0.00
5	0	0.10000E+01	389.9	30.1	0.0	1.00	123.77	123.77	0.00	0.00

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 3

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** SOURCE IDs DEFINING SOURCE GROUPS ***

GROUP ID SOURCE IDs

ALL 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 4

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

*** X-COORDINATES OF GRID ***
 (METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 800.0, 1000.0, 1200.0, 1365.0,

*** Y-COORDINATES OF GRID ***

(METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 631.0,

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 5

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** METEOROLOGICAL DAYS SELECTED FOR PROCESSING ***

(1=YES; 0=NO)

```
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 111111
```

NOTE: METEOROLOGICAL DATA ACTUALLY PROCESSED WILL ALSO DEPEND ON WHAT IS INCLUDED IN THE DATA FILE.

*** UPPER BOUND OF FIRST THROUGH FIFTH WIND SPEED CATEGORIES ***

(METERS/SEC)

1.54, 3.09, 5.14, 8.23, 10.80,

*** WIND PROFILE EXPONENTS ***

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6
A	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
B	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
C	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00
D	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00
E	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00
F	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00

*** VERTICAL POTENTIAL TEMPERATURE GRADIENTS ***
(DEGREES KELVIN PER METER)

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6
A	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
B	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
C	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
D	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
E	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01
F	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 6

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE FIRST 24 HOURS OF METEOROLOGICAL DATA ***

FILE: MARZO.met FORMAT: (4i2,2F9.4,F6.1,i2,2F7.1,f9.4,f10.1,f8.4,i4,f7.2)
SURFACE STATION NO.: 80028 UPPER AIR STATION NO.: 80028

NAME: SURFNAME

NAME: UAIRNAME

YEAR: 2014

YEAR: 2014

FLOW SPEED TEMP STAB MIXING HEIGHT (M) USTAR M-O LENGTH Z-0 IPCODE
 PRATE
 YEAR MONTH DAY HOUR VECTOR (M/S) (K) CLASS RURAL URBAN (M/S) (M) (M)
 (mm/HR)

```

-----
14 3 1 1 202.5 5.67 299.0 3 2229.4 2229.3 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 2 202.5 6.00 298.0 3 2360.5 2360.5 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 3 202.5 5.14 298.0 3 2021.9 2021.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 4 202.5 4.11 298.0 2 1617.8 1617.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 5 180.0 3.00 299.0 2 1181.4 1181.4 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 6 180.0 1.56 298.0 1 617.9 617.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 7 112.5 1.56 299.0 1 616.8 616.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 8 337.5 1.00 298.0 1 404.2 404.2 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 9 270.0 3.08 297.0 2 1214.4 1214.3 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 10 270.0 3.08 297.0 2 1214.1 1214.1 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 11 247.5 3.00 297.0 2 1181.7 1181.7 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 12 247.5 3.61 297.0 2 1421.4 1421.3 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 13 202.5 4.11 300.0 2 1618.0 1617.9 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 14 202.5 4.00 301.0 2 1574.4 1574.3 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 15 202.5 7.19 302.0 3 2830.2 2830.2 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 16 180.0 6.17 302.0 3 2426.1 2426.0 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 17 202.5 10.00 304.0 3 3933.7 3933.6 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 18 202.5 10.28 304.0 3 4042.9 4042.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 19 202.5 6.69 303.0 3 2633.6 2633.6 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 20 202.5 5.14 304.0 3 2021.8 2021.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 21 202.5 4.11 303.0 2 1617.9 1617.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 22 202.5 4.11 303.0 2 1617.9 1617.8 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 23 202.5 6.00 302.0 3 2360.5 2360.5 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00
14 3 1 24 180.0 6.17 302.0 3 2426.0 2426.0 0.0000 0.0 0.0000 0 0.00

```

*** NOTES: STABILITY CLASS 1=A, 2=B, 3=C, 4=D, 5=E AND 6=F.

FLOW VECTOR IS DIRECTION TOWARD WHICH WIND IS BLOWING.

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 7

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE PERIOD (744 HRS) AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)							
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00	1000.00	1200.00	1365.00

631.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
600.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
400.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
200.00 |	0.00000	0.00001	0.00002	0.00026	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00 |	0.00000	0.00001	0.00012	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 8

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00

631.0 |	0.00000 (14032724)	0.00001 (14032724)	0.00001 (14032724)	0.00000 (14030824)	0.00001
(14030724)					
600.0 |	0.00000 (14030624)	0.00001 (14032724)	0.00001 (14032724)	0.00000 (14030824)	0.00001
(14030724)					
400.0 |	0.00001 (14030624)	0.00001 (14032724)	0.00002 (14032724)	0.00006 (14032724)	0.00001
(14030724)					
200.0 |	0.00001 (14031824)	0.00002 (14031824)	0.00006 (14032724)	0.00039 (14030924)	0.00001
(14030824)					
0.0 |	0.00001 (14030624)	0.00002 (14030524)	0.00019 (14032524)	0.00011 (14031924)	0.00001
(14030824)					

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 9

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)		
(METERS) |	1000.00	1200.00	1365.00

631.0 |	0.00000 (14030724)	0.00000 (14030724)	0.00000 (14030724)
600.0 |	0.00000 (14030724)	0.00000 (14030724)	0.00000 (14030724)
400.0 |	0.00000 (14030724)	0.00000 (14030724)	0.00000 (14030724)
200.0 |	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)
0.0 |	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 10

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
 ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00

631.0 |	0.00000 (14030624)	0.00000 (14032624)	0.00000 (14032624)	0.00000 (14030724)	0.00000
(14030824)					
600.0 |	0.00000 (14032724)	0.00000 (14032624)	0.00001 (14032624)	0.00000 (14030724)	0.00000
(14030824)					
400.0 |	0.00001 (14031824)	0.00001 (14031824)	0.00002 (14031824)	0.00005 (14032624)	0.00001
(14030824)					
200.0 |	0.00001 (14032724)	0.00002 (14030624)	0.00004 (14031424)	0.00036 (14032524)	0.00001
(14030724)					
0.0 |	0.00001 (14031724)	0.00002 (14030624)	0.00018 (14030924)	0.00008 (14032024)	0.00001
(14030724)					

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 11

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:

ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)		
(METERS) |	1000.00	1200.00	1365.00

631.0 |	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)
600.0 |	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)
400.0 |	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)	0.00000 (14030824)
200.0 |	0.00000 (14032924)	0.00000 (14032924)	0.00000 (14032924)
0.0 |	0.00000 (14032924)	0.00000 (14032924)	0.00000 (14032924)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

PAGE 12

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE MAXIMUM 50 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:

ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

RANK	CONC	(YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE	RANK	CONC	(YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE
------	------	---------------	--------------------------	------	------	---------------	--------------------------

1.	0.00039 (14030924) AT (	600.00,	200.00)	GC	26.	0.00021 (14031024) AT (	600.00,	200.00)	GC
2.	0.00036 (14032524) AT (	600.00,	200.00)	GC	27.	0.00020 (14033024) AT (	600.00,	200.00)	GC
3.	0.00036 (14031424) AT (	600.00,	200.00)	GC	28.	0.00020 (14032324) AT (	600.00,	200.00)	GC
4.	0.00035 (14032024) AT (	600.00,	200.00)	GC	29.	0.00020 (14032124) AT (	600.00,	200.00)	GC
5.	0.00034 (14031824) AT (	600.00,	200.00)	GC	30.	0.00019 (14032524) AT (	400.00,	0.00)	GC
6.	0.00032 (14032224) AT (	600.00,	200.00)	GC	31.	0.00019 (14030224) AT (	600.00,	200.00)	GC
7.	0.00030 (14031524) AT (	600.00,	200.00)	GC	32.	0.00018 (14031624) AT (	600.00,	200.00)	GC
8.	0.00030 (14032724) AT (	600.00,	200.00)	GC	33.	0.00018 (14030924) AT (	400.00,	0.00)	GC
9.	0.00030 (14030724) AT (	600.00,	200.00)	GC	34.	0.00018 (14032024) AT (	400.00,	0.00)	GC
10.	0.00028 (14030324) AT (	600.00,	200.00)	GC	35.	0.00017 (14032224) AT (	400.00,	0.00)	GC
11.	0.00028 (14031724) AT (	600.00,	200.00)	GC	36.	0.00016 (14033124) AT (	400.00,	0.00)	GC
12.	0.00027 (14031324) AT (	600.00,	200.00)	GC	37.	0.00015 (14031924) AT (	400.00,	0.00)	GC
13.	0.00027 (14031924) AT (	600.00,	200.00)	GC	38.	0.00014 (14031324) AT (	400.00,	0.00)	GC
14.	0.00026 (14030524) AT (	600.00,	200.00)	GC	39.	0.00014 (14032924) AT (	400.00,	0.00)	GC
15.	0.00026 (14032624) AT (	600.00,	200.00)	GC	40.	0.00013 (14031524) AT (	400.00,	0.00)	GC
16.	0.00025 (14030824) AT (	600.00,	200.00)	GC	41.	0.00013 (14030324) AT (	400.00,	0.00)	GC
17.	0.00025 (14030624) AT (	600.00,	200.00)	GC	42.	0.00013 (14031024) AT (	400.00,	0.00)	GC
18.	0.00025 (14032924) AT (	600.00,	200.00)	GC	43.	0.00013 (14031724) AT (	400.00,	0.00)	GC
19.	0.00024 (14030424) AT (	600.00,	200.00)	GC	44.	0.00012 (14032124) AT (	400.00,	0.00)	GC
20.	0.00024 (14031224) AT (	600.00,	200.00)	GC	45.	0.00012 (14031124) AT (	400.00,	0.00)	GC
21.	0.00023 (14033124) AT (	600.00,	200.00)	GC	46.	0.00012 (14032824) AT (	400.00,	0.00)	GC
22.	0.00023 (14031124) AT (	600.00,	200.00)	GC	47.	0.00012 (14032324) AT (	400.00,	0.00)	GC
23.	0.00023 (14032824) AT (	600.00,	200.00)	GC	48.	0.00012 (14033024) AT (	400.00,	0.00)	GC
24.	0.00023 (14030124) AT (	600.00,	200.00)	GC	49.	0.00012 (14032424) AT (	400.00,	0.00)	GC
25.	0.00021 (14032424) AT (	600.00,	200.00)	GC	50.	0.00012 (14030524) AT (	400.00,	0.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

*** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM PERIOD (744 HRS) RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

NETWORK

GROUP ID AVERAGE CONC RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG) OF TYPE GRID-ID

ALL 1ST HIGHEST VALUE IS 0.00026 AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

 2ND HIGHEST VALUE IS 0.00012 AT (400.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

 3RD HIGHEST VALUE IS 0.00004 AT (600.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

 4TH HIGHEST VALUE IS 0.00002 AT (400.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

 5TH HIGHEST VALUE IS 0.00001 AT (600.00, 400.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

 6TH HIGHEST VALUE IS 0.00001 AT (200.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

 GP = GRIDPOLR

 DC = DISCCART

 DP = DISCPOLR

 BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:09:51

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

 DATE

 NETWORK

GROUP ID	AVERAGE CONC	(YYMMDDHH)	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG)	OF
TYPE	GRID-ID			

ALL	HIGH 1ST HIGH VALUE IS	0.00039	ON 14030924: AT (	600.00,	200.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1
	HIGH 2ND HIGH VALUE IS	0.00036	ON 14032524: AT (	600.00,	200.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 ***	*** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades	***	08/06/15
	*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. ***	07:09:51	

PAGE 15

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** Message Summary : ISCST3 Model Execution ***

----- Summary of Total Messages -----

A Total of	0 Fatal Error Message(s)
A Total of	0 Warning Message(s)
A Total of	0 Informational Message(s)

***** FATAL ERROR MESSAGES *****

*** NONE ***

***** WARNING MESSAGES *****

*** NONE ***

*** ISCST3 Finishes Successfully ***

Anexo 3. Archivo .OUT Abril.

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP		XS	YS	ZS
**	----	-----	-----	-----	-----	-----

SO LOCATION	1	AREA	595.55080935252	275.60566546763	.0000
SO LOCATION	2	AREA	552.58767985612	152.85386690647	.0000
SO LOCATION	3	AREA	624.19289568345	177.40422661871	.0000
SO LOCATION	4	AREA	513.71627697842	29.079136690648	.0000
SO LOCATION	5	AREA	389.94154676259	30.102068345324	.0000

**	SRCID	QS	HS	XINIT	YINIT
**	----	---	----	-----	-----

SO SRCPARAM	1	1.0	1.0	121.7289	102.2931
SO SRCPARAM	2	1.0	1.0	93.0868	93.0868
SO SRCPARAM	3	1.0	1.0	70.5823	121.7288
SO SRCPARAM	4	1.0	1.0	91.0409	123.7748
SO SRCPARAM	5	1.0	1.0	123.7748	123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING

ME INPUTFIL ABRIL.met

ME ANEMHGT 10.0 METERS

ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME

ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME

ME FINISHED

OU STARTING

OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND

OU MAXTABLE ALLAVE 50

OU FINISHED

*** SETUP Finishes Successfully ***

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 1

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** MODEL SETUP OPTIONS SUMMARY ***

**Intermediate Terrain Processing is Selected

**Model Is Setup For Calculation of Average CONCentration Values.

-- SCAVENGING/DEPOSITION LOGIC --

**Model Uses NO DRY DEPLETION. DDPLETE = F

**Model Uses NO WET DEPLETION. WDPLETE = F

**NO WET SCAVENGING Data Provided.

**Model Does NOT Use GRIDDED TERRAIN Data for Depletion Calculations

**Model Uses RURAL Dispersion.

**Model Uses Regulatory DEFAULT Options:

1. Final Plume Rise.
2. Stack-tip Downwash.
3. Buoyancy-induced Dispersion.
4. Use Calms Processing Routine.
5. Not Use Missing Data Processing Routine.
6. Default Wind Profile Exponents.
7. Default Vertical Potential Temperature Gradients.
8. "Upper Bound" Values for Supersquat Buildings.
9. No Exponential Decay for RURAL Mode

**Model Assumes Receptors on FLAT Terrain.

**Model Assumes No FLAGPOLE Receptor Heights.

**Model Calculates 1 Short Term Average(s) of: 24-HR
and Calculates PERIOD Averages

**This Run Includes: 5 Source(s); 1 Source Group(s); and 40 Receptor(s)

**The Model Assumes A Pollutant Type of: PM10

**Model Set To Continue RUNning After the Setup Testing.

****Output Options Selected:**

Model Outputs Tables of PERIOD Averages by Receptor

Model Outputs Tables of Highest Short Term Values by Receptor (RECTABLE Keyword)

Model Outputs Tables of Overall Maximum Short Term Values (MAXTABLE Keyword)

****NOTE:** The Following Flags May Appear Following CONC Values: c for Calm Hours

m for Missing Hours

b for Both Calm and Missing Hours

****Misc. Inputs:** Anem. Hgt. (m) = 10.00 ; Decay Coef. = 0.0000 ; Rot. Angle = 0.0

Emission Units = (GRAMS/(SEC-M**2)) ; Emission Rate Unit Factor = 0.40000E-04

Output Units = GRAMS/CUBIC-METER

****Input Runstream File:** AREAJTP.INP ; ****Output Print File:** AREAJTAB.OUT

****Detailed Error/Message File:** ERRORS.OUT

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 2

****MODELOPTs:** CONC RURAL FLAT DFAULT

***** AREA SOURCE DATA *****

NUMBER EMISSION RATE COORD (SW CORNER) BASE RELEASE X-DIM Y-DIM ORIENT. INIT.
EMISSION RATE

SOURCE PART. (USER UNITS X Y ELEV. HEIGHT OF AREA OF AREA OF AREA SZ
SCALAR VARY

ID CATS. /METER**2 (METERS) (METERS) (METERS) (METERS) (METERS) (METERS) (DEG.)
(METERS) BY

1 0 0.10000E+01 595.6 275.6 0.0 1.00 121.73 102.29 0.00 0.00

2	0	0.10000E+01	552.6	152.9	0.0	1.00	93.09	93.09	0.00	0.00
3	0	0.10000E+01	624.2	177.4	0.0	1.00	70.58	121.73	0.00	0.00
4	0	0.10000E+01	513.7	29.1	0.0	1.00	91.04	123.77	0.00	0.00
5	0	0.10000E+01	389.9	30.1	0.0	1.00	123.77	123.77	0.00	0.00

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 3

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** SOURCE IDs DEFINING SOURCE GROUPS ***

GROUP ID SOURCE IDs

ALL 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 4

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

*** X-COORDINATES OF GRID ***

(METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 800.0, 1000.0, 1200.0, 1365.0,

*** Y-COORDINATES OF GRID ***

(METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 631.0,

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** METEOROLOGICAL DAYS SELECTED FOR PROCESSING ***

(1=YES; 0=NO)

```

1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 111111
  
```

NOTE: METEOROLOGICAL DATA ACTUALLY PROCESSED WILL ALSO DEPEND ON WHAT IS INCLUDED IN THE DATA FILE.

*** UPPER BOUND OF FIRST THROUGH FIFTH WIND SPEED CATEGORIES ***

(METERS/SEC)

1.54, 3.09, 5.14, 8.23, 10.80,

*** WIND PROFILE EXPONENTS ***

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6
A	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
B	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
C	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00
D	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00

E	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00
F	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00

*** VERTICAL POTENTIAL TEMPERATURE GRADIENTS ***
(DEGREES KELVIN PER METER)

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6
A	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
B	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
C	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
D	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
E	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01
F	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 6

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE FIRST 24 HOURS OF METEOROLOGICAL DATA ***

FILE: ABRIL.met	FORMAT: (4I2,2F9.4,F6.1,I2,2F7.1,f9.4,f10.1,f8.4,i4,f7.2)
SURFACE STATION NO.: 80028	UPPER AIR STATION NO.: 80028
NAME: SURFNAME	NAME: UAIRNAME
YEAR: 2014	YEAR: 2014

	FLOW	SPEED	TEMP	STAB	MIXING HEIGHT (M)	USTAR	M-O LENGTH	Z-0	IPCODE			
PRATE												
	YEAR	MONTH	DAY	HOUR	VECTOR (M/S)	(K)	CLASS	RURAL	URBAN	(M/S)	(M)	(M)
	(mm/HR)											

14	4	1	1	202.5	7.72	299.0	3	3037.7	3037.7	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
----	---	---	---	-------	------	-------	---	--------	--------	--------	-----	--------	---	------

14	4	1	2	202.5	8.00	299.0	3	3147.0	3147.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	3	202.5	8.22	299.0	3	3234.4	3234.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	4	202.5	6.17	298.0	3	2426.0	2426.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	5	202.5	4.64	298.0	2	1825.3	1825.3	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	6	202.5	4.00	298.0	2	1574.4	1574.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	7	202.5	4.11	298.0	2	1617.8	1617.8	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	8	202.5	3.61	298.0	2	1421.4	1421.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	9	202.5	3.61	298.0	2	1421.4	1421.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	10	225.0	4.00	299.0	2	1574.4	1574.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	11	225.0	3.61	299.0	2	1421.4	1421.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	12	247.5	1.56	300.0	1	617.0	617.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	13	225.0	3.08	301.0	2	1214.2	1214.2	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	14	202.5	4.00	304.0	2	1574.3	1574.3	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	15	202.5	4.11	304.0	2	1617.9	1617.9	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	16	202.5	4.11	305.0	2	1617.8	1617.8	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	17	225.0	6.69	305.0	3	2633.5	2633.5	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	18	202.5	4.00	305.0	2	1574.3	1574.3	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	19	202.5	3.61	305.0	2	1421.4	1421.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	20	247.5	7.19	304.0	3	2830.2	2830.2	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	21	225.0	7.19	304.0	3	2830.2	2830.2	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	22	202.5	7.00	302.0	3	2753.8	2753.8	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	23	202.5	7.19	302.0	3	2830.2	2830.2	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	4	1	24	202.5	8.22	301.0	3	3234.4	3234.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00

*** NOTES: STABILITY CLASS 1=A, 2=B, 3=C, 4=D, 5=E AND 6=F.

FLOW VECTOR IS DIRECTION TOWARD WHICH WIND IS BLOWING.

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 7

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE PERIOD (720 HRS) AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)							
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00	1000.00	1200.00	1365.00

631.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
600.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
400.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
200.00 |	0.00000	0.00000	0.00002	0.00028	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00 |	0.00000	0.00001	0.00014	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 8

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:

ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00

631.0 |	0.00000 (14042924)	0.00001 (14042924)	0.00001 (14042924)	0.00001 (14042924)	0.00000
(14042924)					
600.0 |	0.00000 (14042924)	0.00001 (14042924)	0.00001 (14042924)	0.00001 (14042924)	0.00000
(14042924)					
400.0 |	0.00000 (14040624)	0.00001 (14042924)	0.00002 (14042924)	0.00010 (14042924)	0.00001
(14041124)					
200.0 |	0.00001 (14040824)	0.00001 (14042524)	0.00007 (14042924)	0.00048 (14041824)	0.00000
(14041124)					
0.0 |	0.00001 (14042524)	0.00002 (14042524)	0.00025 (14041824)	0.00010 (14043024)	0.00001
(14043024)					

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 9

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
 ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)		
(METERS) |	1000.00	1200.00	1365.00

631.0 |	0.00000 (14041024)	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)
600.0 |	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)
400.0 |	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)
200.0 |	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)
0.0 |	0.00000 (14040824)	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 10

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00
631.0 |	0.00000 (14041024)	0.00000 (14042524)	0.00000 (14042524)	0.00000 (14041124)	0.00000 (14041124)
600.0 |	0.00000 (14041024)	0.00000 (14041024)	0.00001 (14041124)	0.00001 (14041124)	0.00000 (14041124)
400.0 |	0.00000 (14041024)	0.00001 (14041024)	0.00001 (14041024)	0.00005 (14041124)	0.00001 (14042924)
200.0 |	0.00001 (14042524)	0.00001 (14040624)	0.00005 (14042524)	0.00042 (14042224)	0.00000 (14043024)
0.0 |	0.00001 (14042024)	0.00002 (14042024)	0.00020 (14042224)	0.00007 (14041824)	0.00000 (14040824)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 11

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD | X-COORD (METERS)
(METERS) | 1000.00 1200.00 1365.00

631.0 | 0.00000 (14042924) 0.00000 (14042924) 0.00000 (14042924)
600.0 | 0.00000 (14041024) 0.00000 (14042924) 0.00000 (14042924)
400.0 | 0.00000 (14042924) 0.00000 (14042924) 0.00000 (14042924)
200.0 | 0.00000 (14042924) 0.00000 (14042924) 0.00000 (14042924)
0.0 | 0.00000 (14043024) 0.00000 (14040824) 0.00000 (14040824)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 12

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE MAXIMUM 50 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE RANK CONC (YYMMDDHH) AT
RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE

1. 0.00048 (14041824) AT (600.00, 200.00) GC 26. 0.00022 (14040324) AT (600.00, 200.00) GC
2. 0.00042 (14042224) AT (600.00, 200.00) GC 27. 0.00021 (14041524) AT (600.00, 200.00) GC
3. 0.00036 (14042624) AT (600.00, 200.00) GC 28. 0.00021 (14041924) AT (600.00, 200.00) GC
4. 0.00036 (14041124) AT (600.00, 200.00) GC 29. 0.00020 (14042224) AT (400.00, 0.00) GC
5. 0.00036 (14041624) AT (600.00, 200.00) GC 30. 0.00020 (14041624) AT (400.00, 0.00) GC

6.	0.00035 (14042924) AT (	600.00,	200.00)	GC	31.	0.00019 (14040224) AT (	600.00,	200.00)	GC
7.	0.00033 (14041224) AT (	600.00,	200.00)	GC	32.	0.00019 (14041324) AT (	600.00,	200.00)	GC
8.	0.00031 (14042124) AT (	600.00,	200.00)	GC	33.	0.00019 (14041424) AT (	600.00,	200.00)	GC
9.	0.00029 (14040824) AT (	600.00,	200.00)	GC	34.	0.00018 (14041224) AT (	400.00,	0.00)	GC
10.	0.00029 (14041724) AT (	600.00,	200.00)	GC	35.	0.00017 (14040524) AT (	400.00,	0.00)	GC
11.	0.00029 (14042524) AT (	600.00,	200.00)	GC	36.	0.00016 (14042124) AT (	400.00,	0.00)	GC
12.	0.00028 (14040524) AT (	600.00,	200.00)	GC	37.	0.00016 (14042624) AT (	400.00,	0.00)	GC
13.	0.00028 (14040924) AT (	600.00,	200.00)	GC	38.	0.00015 (14040724) AT (	400.00,	0.00)	GC
14.	0.00028 (14042424) AT (	600.00,	200.00)	GC	39.	0.00015 (14041724) AT (	400.00,	0.00)	GC
15.	0.00028 (14040724) AT (	600.00,	200.00)	GC	40.	0.00014 (14041124) AT (	400.00,	0.00)	GC
16.	0.00027 (14040624) AT (	600.00,	200.00)	GC	41.	0.00014 (14042724) AT (	400.00,	0.00)	GC
17.	0.00027 (14042724) AT (	600.00,	200.00)	GC	42.	0.00013 (14040924) AT (	400.00,	0.00)	GC
18.	0.00026 (14042324) AT (	600.00,	200.00)	GC	43.	0.00013 (14040324) AT (	400.00,	0.00)	GC
19.	0.00025 (14041824) AT (	400.00,	0.00)	GC	44.	0.00013 (14041524) AT (	400.00,	0.00)	GC
20.	0.00024 (14041024) AT (	600.00,	200.00)	GC	45.	0.00013 (14042424) AT (	400.00,	0.00)	GC
21.	0.00023 (14042824) AT (	600.00,	200.00)	GC	46.	0.00013 (14041924) AT (	400.00,	0.00)	GC
22.	0.00023 (14042024) AT (	600.00,	200.00)	GC	47.	0.00013 (14042324) AT (	400.00,	0.00)	GC
23.	0.00022 (14040424) AT (	600.00,	200.00)	GC	48.	0.00012 (14040124) AT (	400.00,	0.00)	GC
24.	0.00022 (14043024) AT (	600.00,	200.00)	GC	49.	0.00012 (14041324) AT (	400.00,	0.00)	GC
25.	0.00022 (14040124) AT (	600.00,	200.00)	GC	50.	0.00012 (14040624) AT (	400.00,	0.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 13

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM PERIOD (720 HRS) RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

NETWORK
GROUP ID AVERAGE CONC RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG) OF TYPE GRID-ID

ALL 1ST HIGHEST VALUE IS 0.00028 AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
2ND HIGHEST VALUE IS 0.00014 AT (400.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
3RD HIGHEST VALUE IS 0.00004 AT (600.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
4TH HIGHEST VALUE IS 0.00002 AT (400.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
5TH HIGHEST VALUE IS 0.00001 AT (600.00, 400.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
6TH HIGHEST VALUE IS 0.00001 AT (200.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 14

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

DATE NETWORK
GROUP ID AVERAGE CONC (YYMMDDHH) RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG) OF
TYPE GRID-ID

ALL HIGH 1ST HIGH VALUE IS 0.00048 ON 14041824: AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
HIGH 2ND HIGH VALUE IS 0.00042 ON 14042224: AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:11:46

PAGE 15

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** Message Summary : ISCST3 Model Execution ***

----- Summary of Total Messages -----

A Total of 0 Fatal Error Message(s)

A Total of 0 Warning Message(s)

A Total of 0 Informational Message(s)

***** FATAL ERROR MESSAGES *****

*** NONE ***

***** WARNING MESSAGES *****

*** NONE ***

*** ISCST3 Finishes Successfully ***

Anexo 4. Archivo .OUT Mayo.

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10
 RUNORNOT RUN
 ERRORFIL ERRORS.OUT
 CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP		XS	YS	ZS
**	----	-----	-----	-----	-----	
SO LOCATION	1	AREA	595.55080935252	275.60566546763		.0000
SO LOCATION	2	AREA	552.58767985612	152.85386690647		.0000
SO LOCATION	3	AREA	624.19289568345	177.40422661871		.0000
SO LOCATION	4	AREA	513.71627697842	29.079136690648		.0000
SO LOCATION	5	AREA	389.94154676259	30.102068345324		.0000

**	SRCID	QS	HS	XINIT	YINIT
**	----	----	----	-----	-----
SO SRCPARAM	1	1.0	1.0	121.7289	102.2931
SO SRCPARAM	2	1.0	1.0	93.0868	93.0868
SO SRCPARAM	3	1.0	1.0	70.5823	121.7288
SO SRCPARAM	4	1.0	1.0	91.0409	123.7748
SO SRCPARAM	5	1.0	1.0	123.7748	123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL
 SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING
ME INPUTFIL MAYO.met
ME ANEMHGT 10.0 METERS
ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME
ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME
ME FINISHED

OU STARTING
OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND
OU MAXTABLE ALLAVE 50
OU FINISHED

*** SETUP Finishes Successfully ***

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 1

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** MODEL SETUP OPTIONS SUMMARY ***

**Intermediate Terrain Processing is Selected

**Model Is Setup For Calculation of Average CONCentration Values.

-- SCAVENGING/DEPOSITION LOGIC --

**Model Uses NO DRY DEPLETION. DDPLETE = F

**Model Uses NO WET DEPLETION. WDPLETE = F

**NO WET SCAVENGING Data Provided.

****Model Does NOT Use GRIDDED TERRAIN Data for Depletion Calculations**

****Model Uses RURAL Dispersion.**

****Model Uses Regulatory DEFAULT Options:**

1. Final Plume Rise.
2. Stack-tip Downwash.
3. Buoyancy-induced Dispersion.
4. Use Calms Processing Routine.
5. Not Use Missing Data Processing Routine.
6. Default Wind Profile Exponents.
7. Default Vertical Potential Temperature Gradients.
8. "Upper Bound" Values for Supersquat Buildings.
9. No Exponential Decay for RURAL Mode

****Model Assumes Receptors on FLAT Terrain.**

****Model Assumes No FLAGPOLE Receptor Heights.**

****Model Calculates 1 Short Term Average(s) of: 24-HR
and Calculates PERIOD Averages**

****This Run Includes: 5 Source(s); 1 Source Group(s); and 40 Receptor(s)**

****The Model Assumes A Pollutant Type of: PM10**

****Model Set To Continue RUNning After the Setup Testing.**

****Output Options Selected:**

Model Outputs Tables of PERIOD Averages by Receptor

Model Outputs Tables of Highest Short Term Values by Receptor (RECTABLE Keyword)

Model Outputs Tables of Overall Maximum Short Term Values (MAXTABLE Keyword)

****NOTE: The Following Flags May Appear Following CONC Values: c for Calm Hours**

m for Missing Hours
b for Both Calm and Missing Hours

**Misc. Inputs: Anem. Hgt. (m) = 10.00 ; Decay Coef. = 0.0000 ; Rot. Angle = 0.0
Emission Units = (GRAMS/(SEC-M**2)) ; Emission Rate Unit Factor = 0.40000E-04
Output Units = GRAMS/CUBIC-METER

**Input Runstream File: AREAJTP.INP ; **Output Print File: AREAJTMV.OUT

**Detailed Error/Message File: ERRORS.OUT

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 2

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** AREA SOURCE DATA ***

NUMBER	EMISSION RATE	COORD (SW CORNER)	BASE	RELEASE	X-DIM	Y-DIM	ORIENT.	INIT.
SOURCE	PART. (USER UNITS	X	Y	ELEV.	HEIGHT	OF AREA	OF AREA	OF AREA
SCALAR VARY	ID	CATS.	/METER**2)	(METERS)	(METERS)	(METERS)	(METERS)	(METERS)
(METERS)	BY							(DEG.)

1	0	0.10000E+01	595.6	275.6	0.0	1.00	121.73	102.29	0.00	0.00
2	0	0.10000E+01	552.6	152.9	0.0	1.00	93.09	93.09	0.00	0.00
3	0	0.10000E+01	624.2	177.4	0.0	1.00	70.58	121.73	0.00	0.00
4	0	0.10000E+01	513.7	29.1	0.0	1.00	91.04	123.77	0.00	0.00
5	0	0.10000E+01	389.9	30.1	0.0	1.00	123.77	123.77	0.00	0.00

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 3

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** SOURCE IDs DEFINING SOURCE GROUPS ***

GROUP ID SOURCE IDs

ALL 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 4

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

*** X-COORDINATES OF GRID ***

(METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 800.0, 1000.0, 1200.0, 1365.0,

*** Y-COORDINATES OF GRID ***

(METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 631.0,

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 5

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** METEOROLOGICAL DAYS SELECTED FOR PROCESSING ***
 (1=YES; 0=NO)

```

1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 111111
  
```

NOTE: METEOROLOGICAL DATA ACTUALLY PROCESSED WILL ALSO DEPEND ON WHAT IS INCLUDED IN THE DATA FILE.

*** UPPER BOUND OF FIRST THROUGH FIFTH WIND SPEED CATEGORIES ***
 (METERS/SEC)

1.54, 3.09, 5.14, 8.23, 10.80,

*** WIND PROFILE EXPONENTS ***

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6

A	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
B	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
C	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00
D	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00
E	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00
F	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00

*** VERTICAL POTENTIAL TEMPERATURE GRADIENTS ***
(DEGREES KELVIN PER METER)

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6
A	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
B	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
C	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
D	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
E	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01
F	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 6

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE FIRST 24 HOURS OF METEOROLOGICAL DATA ***

FILE: MAYO.met	FORMAT: (4I2,2F9.4,F6.1,I2,2F7.1,f9.4,f10.1,f8.4,i4,f7.2)
SURFACE STATION NO.: 80028	UPPER AIR STATION NO.: 80028
NAME: SURFNAME	NAME: UAIRNAME
YEAR: 2014	YEAR: 2014

FLOW SPEED TEMP STAB MIXING HEIGHT (M) USTAR M-O LENGTH Z-0 IPCODE
 PRATE
 YEAR MONTH DAY HOUR VECTOR (M/S) (K) CLASS RURAL URBAN (M/S) (M) (M)
 (mm/HR)

```

-----
14  5  1  1  247.5  5.67 300.0  3  2229.0 2229.3  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  2    0.0  2.00 299.0  1   790.4  790.4  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  3    0.0  2.06 299.0  2   811.4  811.4  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  4   22.5  1.00 298.0  1   617.7  617.7  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  5  202.5  1.55 298.0  1   405.9  405.9  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  6  202.5  1.00 298.0  1   406.4  406.4  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  7  202.5  1.00 298.0  1   403.8  403.8  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  8  202.5  1.00 297.0  1   403.8  403.8  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1  9  202.5  1.00 297.0  1   403.8  403.8  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 10  202.5  1.00 299.0  1   404.6  404.6  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 11  202.5  2.06 299.0  2   811.4  811.4  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 12  225.0  2.58 301.0  2  1018.0 1017.9  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 13  225.0  3.08 301.0  2  1214.0 1214.4  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 14  292.5  2.58 303.0  2  1018.0 1017.9  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 15  180.0  2.00 298.0  1   789.8  789.8  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 16  180.0  1.55 304.0  1   616.7  616.7  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 17  112.5  3.08 305.0  2  1214.0 1214.3  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 18  225.0  3.08 307.0  2  1214.0 1214.0  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 19  180.0  6.00 306.0  3  2360.0 2360.4  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 20  180.0  6.17 306.0  3  2426.0 2425.9  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 21  225.0  6.17 305.0  3  2426.0 2426.0  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 22  225.0  7.19 304.0  3  2830.0 2830.1  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 23  225.0  7.00 304.0  3  2753.0 2753.7  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
14  5  1 24  202.5  7.19 304.0  3  2830.0 2830.1  0.0000  0.0 0.0000  0  0.00
  
```

*** NOTES: STABILITY CLASS 1=A, 2=B, 3=C, 4=D, 5=E AND 6=F.

FLOW VECTOR IS DIRECTION TOWARD WHICH WIND IS BLOWING.

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 7

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE PERIOD (744 HRS) AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)							
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00	1000.00	1200.00	1365.00

631.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
600.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
400.00 |	0.00000	0.00000	0.00001	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
200.00 |	0.00000	0.00001	0.00002	0.00029	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00 |	0.00000	0.00001	0.00013	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 8

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:

ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00

631.0 |	0.00000 (14050524)	0.00001 (14052624)	0.00001 (14052624)	0.00001 (14051124)	0.00000
(14051524)					
600.0 |	0.00000 (14050524)	0.00001 (14052624)	0.00001 (14052624)	0.00001 (14051124)	0.00000
(14051524)					
400.0 |	0.00000 (14051024)	0.00001 (14050524)	0.00002 (14052624)	0.00008 (14052624)	0.00001
(14050324)					
200.0 |	0.00001 (14051324)	0.00001 (14051624)	0.00006 (14052624)	0.00040 (14050624)	0.00002
(14050324)					
0.0 |	0.00001 (14051324)	0.00002 (14050824)	0.00019 (14051824)	0.00009 (14052924)	0.00001
(14052924)					

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 9

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)		
(METERS) |	1000.00	1200.00	1365.00

631.0 |	0.00000 (14050424)	0.00000 (14050424)	0.00000 (14050524)

600.0 |	0.00000 (14050424)	0.00000 (14050524)	0.00000 (14050524)
400.0 |	0.00000 (14050324)	0.00000 (14050524)	0.00000 (14050524)
200.0 |	0.00000 (14050324)	0.00000 (14050324)	0.00000 (14050324)
0.0 |	0.00000 (14050324)	0.00000 (14051724)	0.00000 (14051724)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 10

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
 ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00

631.0 |	0.00000 (14050624)	0.00000 (14050524)	0.00001 (14050924)	0.00001 (14050124)	0.00000
(14050124)					
600.0 |	0.00000 (14051024)	0.00000 (14050524)	0.00001 (14050924)	0.00001 (14050124)	0.00000
(14050124)					
400.0 |	0.00000 (14050524)	0.00001 (14052624)	0.00002 (14050524)	0.00006 (14050524)	0.00001
(14050424)					
200.0 |	0.00001 (14051624)	0.00001 (14051024)	0.00005 (14050524)	0.00039 (14050124)	0.00001
(14052924)					
0.0 |	0.00001 (14050824)	0.00002 (14053024)	0.00017 (14050124)	0.00008 (14051924)	0.00001
(14050324)					

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:

ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)		
(METERS) |	1000.00	1200.00	1365.00

631.0 |	0.00000 (14051124)	0.00000 (14051124)	0.00000 (14050624)
600.0 |	0.00000 (14051124)	0.00000 (14050324)	0.00000 (14050624)
400.0 |	0.00000 (14050524)	0.00000 (14050324)	0.00000 (14050324)
200.0 |	0.00000 (14051724)	0.00000 (14051724)	0.00000 (14051724)
0.0 |	0.00000 (14052924)	0.00000 (14052724)	0.00000 (14052724)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE MAXIMUM 50 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:

ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE	RANK	CONC (YYMMDDHH) AT	RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE
------	--------------------	--------------------------	------	--------------------	--------------------------

1.	0.00040 (14050624) AT (	600.00,	200.00)	GC	26.	0.00024 (14050824) AT (	600.00,	200.00)	GC
2.	0.00039 (14050124) AT (	600.00,	200.00)	GC	27.	0.00024 (14051424) AT (	600.00,	200.00)	GC
3.	0.00038 (14051924) AT (	600.00,	200.00)	GC	28.	0.00024 (14050724) AT (	600.00,	200.00)	GC
4.	0.00038 (14051824) AT (	600.00,	200.00)	GC	29.	0.00023 (14051724) AT (	600.00,	200.00)	GC
5.	0.00037 (14050224) AT (	600.00,	200.00)	GC	30.	0.00023 (14052124) AT (	600.00,	200.00)	GC
6.	0.00032 (14052424) AT (	600.00,	200.00)	GC	31.	0.00020 (14051524) AT (	600.00,	200.00)	GC
7.	0.00032 (14050324) AT (	600.00,	200.00)	GC	32.	0.00019 (14051824) AT (	400.00,	0.00)	GC
8.	0.00032 (14052824) AT (	600.00,	200.00)	GC	33.	0.00017 (14050124) AT (	400.00,	0.00)	GC
9.	0.00030 (14053124) AT (	600.00,	200.00)	GC	34.	0.00017 (14051924) AT (	400.00,	0.00)	GC
10.	0.00030 (14052924) AT (	600.00,	200.00)	GC	35.	0.00017 (14050224) AT (	400.00,	0.00)	GC
11.	0.00030 (14052224) AT (	600.00,	200.00)	GC	36.	0.00017 (14053124) AT (	400.00,	0.00)	GC
12.	0.00030 (14052724) AT (	600.00,	200.00)	GC	37.	0.00016 (14052424) AT (	400.00,	0.00)	GC
13.	0.00029 (14051624) AT (	600.00,	200.00)	GC	38.	0.00016 (14052324) AT (	400.00,	0.00)	GC
14.	0.00029 (14052324) AT (	600.00,	200.00)	GC	39.	0.00016 (14050624) AT (	400.00,	0.00)	GC
15.	0.00029 (14050524) AT (	600.00,	200.00)	GC	40.	0.00016 (14052824) AT (	400.00,	0.00)	GC
16.	0.00029 (14051024) AT (	600.00,	200.00)	GC	41.	0.00014 (14052224) AT (	400.00,	0.00)	GC
17.	0.00029 (14050424) AT (	600.00,	200.00)	GC	42.	0.00013 (14052924) AT (	400.00,	0.00)	GC
18.	0.00029 (14053024) AT (	600.00,	200.00)	GC	43.	0.00013 (14051024) AT (	400.00,	0.00)	GC
19.	0.00029 (14051224) AT (	600.00,	200.00)	GC	44.	0.00013 (14050424) AT (	400.00,	0.00)	GC
20.	0.00028 (14050924) AT (	600.00,	200.00)	GC	45.	0.00012 (14052024) AT (	400.00,	0.00)	GC
21.	0.00028 (14052624) AT (	600.00,	200.00)	GC	46.	0.00012 (14052724) AT (	400.00,	0.00)	GC
22.	0.00028 (14051324) AT (	600.00,	200.00)	GC	47.	0.00012 (14050924) AT (	400.00,	0.00)	GC
23.	0.00027 (14051124) AT (	600.00,	200.00)	GC	48.	0.00012 (14051424) AT (	400.00,	0.00)	GC
24.	0.00025 (14052024) AT (	600.00,	200.00)	GC	49.	0.00011 (14051224) AT (	400.00,	0.00)	GC
25.	0.00024 (14052524) AT (	600.00,	200.00)	GC	50.	0.00011 (14053024) AT (	400.00,	0.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 13

RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM PERIOD (744 HRS) RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

		NETWORK	
GROUP ID	AVERAGE CONC	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG)	OF TYPE GRID-ID

ALL	1ST HIGHEST VALUE IS	0.00029 AT (	600.00,	200.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1
	2ND HIGHEST VALUE IS	0.00013 AT (	400.00,	0.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1
	3RD HIGHEST VALUE IS	0.00004 AT (	600.00,	0.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1
	4TH HIGHEST VALUE IS	0.00002 AT (	600.00,	400.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1
	5TH HIGHEST VALUE IS	0.00002 AT (	400.00,	200.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1
	6TH HIGHEST VALUE IS	0.00001 AT (	200.00,	0.00,	0.00,	0.00)	GC	CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 14

RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

GROUP ID	DATE	NETWORK
AVERAGE CONC (YYMMDDHH)	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG)	OF
TYPE GRID-ID		

ALL HIGH 1ST HIGH VALUE IS 0.00040 ON 14050624: AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
HIGH 2ND HIGH VALUE IS 0.00039 ON 14050124: AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:10:38

PAGE 15

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** Message Summary : ISCST3 Model Execution ***

----- Summary of Total Messages -----

A Total of 0 Fatal Error Message(s)
A Total of 0 Warning Message(s)
A Total of 0 Informational Message(s)

***** FATAL ERROR MESSAGES *****

*** NONE ***

***** WARNING MESSAGES *****

*** NONE ***

*** ISCST3 Finishes Successfully ***

Anexo 5. Archivo .OUT Junio.

CO STARTING

TITLEONE Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades

TITLETWO de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia.

MODELOPT DFAULT CONC RURAL

AVERTIME 24 PERIOD

POLLUTID PM10

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

**	SRCI2D	SRCTYP		XS	YS	ZS
**	----	-----	-----	-----	-----	
SO LOCATION	1	AREA	595.55080935252	275.60566546763		.0000
SO LOCATION	2	AREA	552.58767985612	152.85386690647		.0000
SO LOCATION	3	AREA	624.19289568345	177.40422661871		.0000
SO LOCATION	4	AREA	513.71627697842	29.079136690648		.0000
SO LOCATION	5	AREA	389.94154676259	30.102068345324		.0000

**	SRCID	QS	HS	XINIT	YINIT
**	-----	----	----	-----	-----
SO SRCPARAM	1	1.0	1.0	121.7289	102.2931
SO SRCPARAM	2	1.0	1.0	93.0868	93.0868
SO SRCPARAM	3	1.0	1.0	70.5823	121.7288
SO SRCPARAM	4	1.0	1.0	91.0409	123.7748
SO SRCPARAM	5	1.0	1.0	123.7748	123.7748

SO EMISUNIT 0.00004 (GRAMS/(SEC-M**2)) grams/cubic-meter

SO SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

RE GRIDCART CAT1 STA

XPNTS 0. 200. 400. 600. 800. 1000. 1200. 1365.

YPNTS 0. 200. 400. 600. 631.

RE GRIDCART END

RE FINISHED

ME STARTING

ME INPUTFIL JUNIO.met

ME ANEMHGT 10.0 METERS

ME SURFDATA 80028 2014 SURFNAME

ME UAIRDATA 80028 2014 UAIRNAME

ME FINISHED

OU STARTING

OU RECTABLE ALLAVE FIRST SECOND

OU MAXTABLE ALLAVE 50

OU FINISHED

*** SETUP Finishes Successfully ***

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 1

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** MODEL SETUP OPTIONS SUMMARY ***

**Intermediate Terrain Processing is Selected

**Model Is Setup For Calculation of Average CONCentration Values.

-- SCAVENGING/DEPOSITION LOGIC --

**Model Uses NO DRY DEPLETION. DDPLETE = F

**Model Uses NO WET DEPLETION. WDPLETE = F

**NO WET SCAVENGING Data Provided.

**Model Does NOT Use GRIDDED TERRAIN Data for Depletion Calculations

**Model Uses RURAL Dispersion.

**Model Uses Regulatory DEFAULT Options:

1. Final Plume Rise.
2. Stack-tip Downwash.
3. Buoyancy-induced Dispersion.
4. Use Calms Processing Routine.
5. Not Use Missing Data Processing Routine.
6. Default Wind Profile Exponents.
7. Default Vertical Potential Temperature Gradients.
8. "Upper Bound" Values for Supersquat Buildings.
9. No Exponential Decay for RURAL Mode

**Model Assumes Receptors on FLAT Terrain.

**Model Assumes No FLAGPOLE Receptor Heights.

**Model Calculates 1 Short Term Average(s) of: 24-HR
and Calculates PERIOD Averages

**This Run Includes: 5 Source(s); 1 Source Group(s); and 40 Receptor(s)

**The Model Assumes A Pollutant Type of: PM10

**Model Set To Continue RUNning After the Setup Testing.

**Output Options Selected:

Model Outputs Tables of PERIOD Averages by Receptor

Model Outputs Tables of Highest Short Term Values by Receptor (RECTABLE Keyword)

Model Outputs Tables of Overall Maximum Short Term Values (MAXTABLE Keyword)

**NOTE: The Following Flags May Appear Following CONC Values: c for Calm Hours

m for Missing Hours

b for Both Calm and Missing Hours

**Misc. Inputs: Anem. Hgt. (m) = 10.00 ; Decay Coef. = 0.0000 ; Rot. Angle = 0.0

Emission Units = (GRAMS/(SEC-M**2)) ; Emission Rate Unit Factor = 0.40000E-04

Output Units = GRAMS/CUBIC-METER

**Input Runstream File: AREAJTP.INP ; **Output Print File: AREAJTJU.OUT

**Detailed Error/Message File: ERRORS.OUT

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 2

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** AREA SOURCE DATA ***

NUMBER EMISSION RATE COORD (SW CORNER) BASE RELEASE X-DIM Y-DIM ORIENT. INIT.
EMISSION RATE

SOURCE PART. (USER UNITS X Y ELEV. HEIGHT OF AREA OF AREA OF AREA SZ
SCALAR VARY

ID CATS. /METER**2) (METERS) (METERS) (METERS) (METERS) (METERS) (METERS) (DEG.)
(METERS) BY

1	0	0.10000E+01	595.6	275.6	0.0	1.00	121.73	102.29	0.00	0.00
2	0	0.10000E+01	552.6	152.9	0.0	1.00	93.09	93.09	0.00	0.00
3	0	0.10000E+01	624.2	177.4	0.0	1.00	70.58	121.73	0.00	0.00
4	0	0.10000E+01	513.7	29.1	0.0	1.00	91.04	123.77	0.00	0.00
5	0	0.10000E+01	389.9	30.1	0.0	1.00	123.77	123.77	0.00	0.00

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 3

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** SOURCE IDs DEFINING SOURCE GROUPS ***

GROUP ID SOURCE IDs

ALL 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 4

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** GRIDDED RECEPTOR NETWORK SUMMARY ***

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

*** X-COORDINATES OF GRID ***

(METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 800.0, 1000.0, 1200.0, 1365.0,

*** Y-COORDINATES OF GRID ***

(METERS)

0.0, 200.0, 400.0, 600.0, 631.0,

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** METEOROLOGICAL DAYS SELECTED FOR PROCESSING ***

(1=YES; 0=NO)

```

1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 1111111111 1111111111 1111111111 1111111111
1111111111 111111
  
```

NOTE: METEOROLOGICAL DATA ACTUALLY PROCESSED WILL ALSO DEPEND ON WHAT IS INCLUDED IN THE DATA FILE.

*** UPPER BOUND OF FIRST THROUGH FIFTH WIND SPEED CATEGORIES ***

(METERS/SEC)

1.54, 3.09, 5.14, 8.23, 10.80,

*** WIND PROFILE EXPONENTS **

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6
A	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
B	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01	.70000E-01
C	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00	.10000E+00
D	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00	.15000E+00

E	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00	.35000E+00
F	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00	.55000E+00

*** VERTICAL POTENTIAL TEMPERATURE GRADIENTS ***
(DEGREES KELVIN PER METER)

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY					
CATEGORY	1	2	3	4	5	6
A	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
B	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
C	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
D	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
E	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01	.20000E-01
F	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01	.35000E-01

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 6

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE FIRST 24 HOURS OF METEOROLOGICAL DATA ***

FILE: JUNIO.met	FORMAT: (4I2,2F9.4,F6.1,I2,2F7.1,f9.4,f10.1,f8.4,i4,f7.2)
SURFACE STATION NO.: 80028	UPPER AIR STATION NO.: 80028
NAME: SURFNAME	NAME: UAIRNAME
YEAR: 2014	YEAR: 2014

FLOW	SPEED	TEMP	STAB	MIXING HEIGHT (M)	USTAR	M-O LENGTH	Z-0	IPCODE				
PRATE	YEAR	MONTH	DAY	HOUR	VECTOR (M/S)	(K)	CLASS	RURAL	URBAN	(M/S)	(M)	(M)
(mm/HR)												

14	6	1	1	225.0	4.11	300.2	2	1617.9	1617.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	2	0.0	2.00	299.2	1	790.4	790.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00

14	6	1	3	202.5	1.56	300.2	1	617.0	617.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	4	202.5	3.08	300.2	2	1214.1	1214.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	5	112.5	1.56	300.2	1	616.6	616.6	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	6	202.5	1.00	298.2	1	406.4	406.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	7	202.5	1.50	299.2	1	595.1	595.1	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	8	202.5	1.50	299.2	1	595.1	595.1	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	9	292.5	2.06	299.2	2	812.2	812.2	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	10	202.5	1.56	300.2	1	618.1	618.1	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	11	270.0	1.56	301.2	1	616.8	616.8	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	12	292.5	2.58	304.2	2	1018.0	1018.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	13	315.0	4.00	305.2	2	1574.3	1574.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	14	315.0	4.11	305.2	2	1617.8	1617.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	15	337.5	4.11	307.2	2	1617.8	1617.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	16	0.0	2.58	308.2	2	1017.9	1017.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	17	292.5	4.00	307.2	2	1574.3	1574.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	18	292.5	4.11	307.2	2	1617.8	1617.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	19	247.5	4.11	306.2	2	1617.8	1617.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	20	202.5	2.06	305.2	2	811.4	811.4	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	21	225.0	5.00	305.2	2	1967.3	1967.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	22	225.0	5.14	305.2	3	2021.8	2021.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	23	202.5	7.19	303.2	3	2830.2	2830.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00
14	6	1	24	225.0	7.19	302.2	3	2830.2	2830.0	0.0000	0.0	0.0000	0	0.00

*** NOTES: STABILITY CLASS 1=A, 2=B, 3=C, 4=D, 5=E AND 6=F.

FLOW VECTOR IS DIRECTION TOWARD WHICH WIND IS BLOWING.

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 7

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE PERIOD (720 HRS) AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL

INCLUDING SOURCE(S): 1, 2, 3, 4, 5,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)							
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00	1000.00	1200.00	1365.00

631.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
600.00 |	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
400.00 |	0.00000	0.00000	0.00001	0.00002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
200.00 |	0.00000	0.00001	0.00002	0.00030	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.00 |	0.00000	0.00001	0.00013	0.00005	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
*** ISCAST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15								
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27								

PAGE 8

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1, 2, 3, 4, 5,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00

631.0 |	0.00000 (14060424)	0.00000 (14062724)	0.00001 (14062724)	0.00001 (14062624)	0.00001 (14060324)

600.0 |	0.00000 (14060424)	0.00000 (14062724)	0.00001 (14062724)	0.00001 (14062624)	0.00001 (14060324)
400.0 |	0.00001 (14060824)	0.00001 (14060424)	0.00002 (14062724)	0.00005 (14062624)	0.00002 (14060924)
200.0 |	0.00001 (14060824)	0.00002 (14060824)	0.00004 (14062724)	0.00038 (14061824)	0.00001 (14061724)
0.0 |	0.00001 (14061324)	0.00003 (14061324)	0.00018 (14062524)	0.00010 (14060624)	0.00001 (14061724)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
 *** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 9

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 1ST HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:

ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)		
(METERS) |	1000.00	1200.00	1365.00

631.0 |	0.00000 (14060924)	0.00000 (14060924)	0.00000 (14060924)
600.0 |	0.00000 (14060924)	0.00000 (14060924)	0.00000 (14060924)
400.0 |	0.00000 (14060924)	0.00000 (14060924)	0.00000 (14063024)
200.0 |	0.00000 (14061724)	0.00000 (14061724)	0.00000 (14061724)
0.0 |	0.00000 (14061724)	0.00000 (14061724)	0.00000 (14061724)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 10

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD |	X-COORD (METERS)				
(METERS) |	0.00	200.00	400.00	600.00	800.00
631.0 |	0.00000 (14060124)	0.00000 (14061924)	0.00001 (14060224)	0.00001 (14060224)	0.00001 (14061724)
600.0 |	0.00000 (14060124)	0.00000 (14060424)	0.00001 (14060224)	0.00001 (14060224)	0.00001 (14061724)
400.0 |	0.00000 (14060424)	0.00001 (14060824)	0.00002 (14060124)	0.00005 (14062724)	0.00001 (14060324)
200.0 |	0.00001 (14060424)	0.00001 (14060424)	0.00004 (14062624)	0.00035 (14062524)	0.00001 (14061924)
0.0 |	0.00001 (14062224)	0.00002 (14062224)	0.00018 (14062924)	0.00010 (14061024)	0.00001 (14060624)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 11

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE 2ND HIGHEST 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

*** NETWORK ID: CAT1 ; NETWORK TYPE: GRIDCART ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

Y-COORD | X-COORD (METERS)
(METERS) | 1000.00 1200.00 1365.00

631.0 | 0.00000 (14060424) 0.00000 (14060424) 0.00000 (14060324)
600.0 | 0.00000 (14060424) 0.00000 (14060424) 0.00000 (14060324)
400.0 | 0.00000 (14063024) 0.00000 (14063024) 0.00000 (14060924)
200.0 | 0.00000 (14061924) 0.00000 (14061924) 0.00000 (14061924)
0.0 | 0.00000 (14061924) 0.00000 (14061924) 0.00000 (14061324)

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 12

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE MAXIMUM 50 24-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP:
ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): 1 , 2 , 3 , 4 , 5 ,

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE RANK CONC (YYMMDDHH) AT
RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE

1. 0.00038 (14061824) AT (600.00, 200.00) GC 26. 0.00026 (14060724) AT (600.00, 200.00) GC
2. 0.00035 (14062524) AT (600.00, 200.00) GC 27. 0.00026 (14061024) AT (600.00, 200.00) GC
3. 0.00034 (14060924) AT (600.00, 200.00) GC 28. 0.00026 (14060324) AT (600.00, 200.00) GC
4. 0.00034 (14061724) AT (600.00, 200.00) GC 29. 0.00024 (14062324) AT (600.00, 200.00) GC
5. 0.00034 (14062124) AT (600.00, 200.00) GC 30. 0.00023 (14062724) AT (600.00, 200.00) GC

6.	0.00034 (14062024) AT (	600.00,	200.00)	GC	31.	0.00018 (14062524) AT (	400.00,	0.00)	GC
7.	0.00034 (14063024) AT (	600.00,	200.00)	GC	32.	0.00018 (14062924) AT (	400.00,	0.00)	GC
8.	0.00033 (14062624) AT (	600.00,	200.00)	GC	33.	0.00017 (14061824) AT (	400.00,	0.00)	GC
9.	0.00033 (14061224) AT (	600.00,	200.00)	GC	34.	0.00017 (14061224) AT (	400.00,	0.00)	GC
10.	0.00032 (14062924) AT (	600.00,	200.00)	GC	35.	0.00016 (14061624) AT (	400.00,	0.00)	GC
11.	0.00031 (14062424) AT (	600.00,	200.00)	GC	36.	0.00016 (14062124) AT (	400.00,	0.00)	GC
12.	0.00031 (14060124) AT (	600.00,	200.00)	GC	37.	0.00015 (14061524) AT (	400.00,	0.00)	GC
13.	0.00031 (14061424) AT (	600.00,	200.00)	GC	38.	0.00015 (14062824) AT (	400.00,	0.00)	GC
14.	0.00031 (14061524) AT (	600.00,	200.00)	GC	39.	0.00015 (14063024) AT (	400.00,	0.00)	GC
15.	0.00030 (14061124) AT (	600.00,	200.00)	GC	40.	0.00014 (14062424) AT (	400.00,	0.00)	GC
16.	0.00029 (14061624) AT (	600.00,	200.00)	GC	41.	0.00014 (14062024) AT (	400.00,	0.00)	GC
17.	0.00029 (14060624) AT (	600.00,	200.00)	GC	42.	0.00014 (14061124) AT (	400.00,	0.00)	GC
18.	0.00029 (14062224) AT (	600.00,	200.00)	GC	43.	0.00013 (14062224) AT (	400.00,	0.00)	GC
19.	0.00028 (14060224) AT (	600.00,	200.00)	GC	44.	0.00013 (14062324) AT (	400.00,	0.00)	GC
20.	0.00028 (14060824) AT (	600.00,	200.00)	GC	45.	0.00013 (14061724) AT (	400.00,	0.00)	GC
21.	0.00028 (14062824) AT (	600.00,	200.00)	GC	46.	0.00013 (14060724) AT (	400.00,	0.00)	GC
22.	0.00028 (14061924) AT (	600.00,	200.00)	GC	47.	0.00013 (14060924) AT (	400.00,	0.00)	GC
23.	0.00028 (14060524) AT (	600.00,	200.00)	GC	48.	0.00012 (14061424) AT (	400.00,	0.00)	GC
24.	0.00028 (14060424) AT (	600.00,	200.00)	GC	49.	0.00012 (14061924) AT (	400.00,	0.00)	GC
25.	0.00027 (14061324) AT (	600.00,	200.00)	GC	50.	0.00012 (14061024) AT (	400.00,	0.00)	GC

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15

*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 13

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF MAXIMUM PERIOD (720 HRS) RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

NETWORK

GROUP ID AVERAGE CONC RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG) OF TYPE GRID-ID

ALL 1ST HIGHEST VALUE IS 0.00030 AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
2ND HIGHEST VALUE IS 0.00013 AT (400.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
3RD HIGHEST VALUE IS 0.00005 AT (600.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
4TH HIGHEST VALUE IS 0.00002 AT (400.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
5TH HIGHEST VALUE IS 0.00002 AT (600.00, 400.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
6TH HIGHEST VALUE IS 0.00001 AT (200.00, 0.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 14

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 24-HR RESULTS ***

** CONC OF PM10 IN GRAMS/CUBIC-METER **

DATE

NETWORK

GROUP ID AVERAGE CONC (YYMMDDHH) RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG) OF
TYPE GRID-ID

ALL HIGH 1ST HIGH VALUE IS 0.00038 ON 14061824: AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1
HIGH 2ND HIGH VALUE IS 0.00035 ON 14062524: AT (600.00, 200.00, 0.00, 0.00) GC CAT1

*** RECEPTOR TYPES: GC = GRIDCART

GP = GRIDPOLR

DC = DISCCART

DP = DISCPOLR

BD = BOUNDARY

*** ISCST3 - VERSION 96113 *** *** Simulación de la dispersión de PM10 en las actividades *** 08/06/15
*** de la cantera ubicada en la autopista Barranquilla-Puerto Colombia. *** 07:12:27

PAGE 15

**MODELOPTs: CONC RURAL FLAT DFAULT

*** Message Summary : ISCST3 Model Execution ***

----- Summary of Total Messages -----

A Total of 0 Fatal Error Message(s)

A Total of 0 Warning Message(s)

A Total of 0 Informational Message(s)

***** FATAL ERROR MESSAGES *****

*** NONE ***

***** WARNING MESSAGES *****

*** NONE ***

*** ISCST3 Finishes Successfully ***

Anexo 6. Tabla de distribución normal (Lognormal).

Fecha	Concentración (µg/m3)	LN(X)	LOGNORMAL
01/03/2014	59.66807276	4.0887971	0.712873689
04/03/2014	30.12900567	3.4054884	0.391993321
07/03/2014	72.00093561	4.2766791	0.785716251
10/03/2014	55.0213032	4.0077204	0.678179555
13/03/2014	38.09167145	3.6399957	0.505089351
16/03/2014			
19/03/2014	12.69722382	2.5413834	0.091556353
22/03/2014	63.48611908	4.1508213	0.738158
25/03/2014	33.85926351	3.5222126	0.447756087
28/03/2014	21.16203969	3.0522090	0.239996925
31/03/2014	8.464815877	2.1359183	0.033830461
03/04/2014	16.92963175	2.8290654	0.163716988
06/04/2014	21.16203969	3.0522090	0.239996925
09/04/2014	55.17456589	4.0105021	0.679398399
12/04/2014	16.94139661	2.8297601	0.16392697
15/04/2014	63.48611908	4.1508213	0.738158
18/04/2014	46.55648733	3.8406664	0.601892369
21/04/2014	4.232407939	1.4427711	0.003733996
24/04/2014	59.25371114	4.0818284	0.709962229
27/04/2014	59.25371114	4.0818284	0.709962229
30/04/2014	42.32407939	3.7453562	0.556321939
03/05/2014	8.464815877	2.1359183	0.033830461
06/05/2014	4.611947774	1.5286503	0.005082565
09/05/2014			
12/05/2014			
15/05/2014			
18/05/2014			
21/05/2014			
24/05/2014	9.482509441	2.2494490	0.045670074
27/05/2014	38.14554934	3.6414091	0.505779106
30/05/2014	28.23862577	3.3406907	0.36189513
02/06/2014	61.89626839	4.1254599	0.727958737
05/06/2014	8.380167719	2.1258679	0.032916906
08/06/2014	31.0828039	3.4366547	0.406716319
11/06/2014	47.44529299	3.8595773	0.610791707
14/06/2014	37.30543766	3.6191391	0.494910649
17/06/2014	69.23195175	4.2374625	0.771461812
20/06/2014	18.96409394	2.9425474	0.200323249
23/06/2014	62.30104486	4.1319782	0.73059887
26/06/2014	50.83121934	3.9285107	0.642710338
Media		3.6295674	
Desviación Estándar		0.8174263	

Anexo 7. Calculo del RMS para el mes de marzo.

Fecha	Concentración de lo Observado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración de lo Modelado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$[\zeta_m - \zeta_d]^2$
01/03/2014	59.66807276	36.15778889	552.7334477
04/03/2014	30.12900567	36.15778889	36.34622713
07/03/2014	72.00093561	35.9837273	1297.239294
10/03/2014	55.0213032	32.99153589	485.3106477
13/03/2014	38.09167145	57.975005	395.3469531
16/03/2014			
19/03/2014	12.69722382	52.81287724	1609.26565
22/03/2014	63.48611908	61.59787184	3.565477639
25/03/2014	33.85926351	31.11037418	7.556392574
28/03/2014	21.16203969	28.77555335	57.96559015
31/03/2014	8.464815877	30.19428779	472.1699495
Sumatoria (Σ)	394.5804507	403.7568104	4917.49963
Numero de Datos (N)	10.00		
RMS	22.18		

Anexo 8. Calculo del RMS para el mes de junio.

Fecha	Concentración de lo Observado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración de lo Modelado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$[\zeta_m - \zeta_d]^2$
03/04/2014	16.92963175	36.47606296	382.062973
06/04/2014	21.16203969	34.17863687	169.4318021
09/04/2014	55.17456589	35.52571496	386.0773426
12/04/2014	16.94139661	37.31831414	415.2187678
15/04/2014	63.48611908	34.99937569	811.494549
18/04/2014	46.55648733	36.66591109	97.82349826
21/04/2014	4.232407939	37.50961803	1107.372712
24/04/2014	59.25371114	37.13363363	489.2978293
27/04/2014	59.25371114	39.23490868	400.7524519
30/04/2014	42.32407939	36.76871416	30.86208277
Sumatoria (Σ)	385.31415	365.8108902	380.3771404
Numero de Datos (N)	10.00		
RMS	20.71		

Anexo 9. Calculo del RMS para el mes de mayo.

Fecha	Concentración de lo Observado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración de lo Modelado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$[\zeta_m - \zeta_d]^2$
03/05/2014	8.464815877	60.74089922	2732.78889
06/05/2014	4.611947774	60.39786592	3112.068663
09/05/2014			
12/05/2014			
15/05/2014			
18/05/2014			
21/05/2014			

Fecha	Concentración de lo Observado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración de lo Modelado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$[\zeta_m - \zeta_d]^2$
24/05/2014	9.482509441	49.87316224	1631.404833
27/05/2014	38.14554934	51.44200629	176.7957673
30/05/2014	28.23862577	52.08162356	568.4885438
Sumatoria (Σ)	88.9434482	274.5355572	8221.546697
Numero de Datos (N)	5.00		
RMS	40.55		

Anexo 10. Calculo del RMS para el mes de junio.

Fecha	Concentración de lo Observado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración de lo Modelado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$[\zeta_m - \zeta_d]^2$
02/06/2014	61.89626839	42.52091889	375.4041684
05/06/2014	8.380167719	42.47026401	1162.134665
08/06/2014	31.0828039	43.75283475	160.5296817
11/06/2014	47.44529299	42.65942937	22.9044906
14/06/2014	37.30543766	43.85821698	42.93891685
17/06/2014	69.23195175	45.36577049	569.5946082
20/06/2014	18.96409394	58.01216794	1524.752083
23/06/2014	62.30104486	56.86366693	29.56507869
26/06/2014	50.83121934	49.70383054	1.271005518
Sumatoria (Σ)	387.4382806	425.2070999	3889.094698
Numero de Datos (N)	9.00		
RMS	20.79		

Anexo 11. Grid Report de la Simulación en Surfer para marzo

Gridding Report

Thu Aug 06 07:16:25 2015
Elapsed time for gridding: 0.03 seconds

Data Source

Source Data File Name: C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO
JP&TM\PROGRAMA ISCST3\SIMULACIONES\MARZO.csv
X Column: A
Y Column: B
Z Column: C

Data Counts

Active Data: 40

Original Data: 40
 Excluded Data: 0
 Deleted Duplicates: 0
 Retained Duplicates: 0
 Artificial Data: 0
 Superseded Data: 0

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep: First
 X Duplicate Tolerance: 0.00016
 Y Duplicate Tolerance: 7.5E-005

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Data Counts

Active Data: 40

Univariate Statistics

	X	Y	Z
Count:	40	40	40
1%%-tile:	0	0	0
5%%-tile:	0	0	0
10%%-tile:	0	0	0
25%%-tile:	200	200	0
50%%-tile:	600	400	0
75%%-tile:	1000	600	0
90%%-tile:	1365	631	10
95%%-tile:	1365	631	40
99%%-tile:	1365	631	120
Minimum:	0	0	0
Maximum:	1365	631	260

Mean:	695.625	366.2	11.75
Median:	700	400	0
Geometric Mean:	N/A	N/A	N/A
Harmonic Mean:	N/A	N/A	N/A
Root Mean Square:	829.399255486	437.758152408	45.9075157246
Trim Mean (10%%):	678.243243243	361.783783784	2.43243243243
Interquartile Mean:	676.19047619	390.476190476	0
Midrange:	682.5	315.5	130
Winsorized Mean:	695.625	366.2	1.75
TriMean:	600	400	0
Variance:	209239.983974	59004.8820513	2019.93589744
Standard Deviation:	457.427572381	242.909205365	44.9436969712
Interquartile Range:	800	400	0
Range:	1365	631	260
Mean Difference:	530.608974359	272.738461538	22.4487179487
Median Abs. Deviation:	400	200	0
Average Abs. Deviation:	395.625	206.2	11.75
Quartile Dispersion:	N/A	N/A	N/A
Relative Mean Diff.:	0.762780196742	0.744780069739	1.91052918712
Standard Error:	72.3256496643	38.4073176788	7.10622244486
Coef. of Variation:	0.657577821931	0.663323881391	3.82499548691
Skewness:	-0.0359133678313	-0.311354420006	4.55402808795
Kurtosis:	1.64566079803	1.5310554807	24.1204999614
Sum:	27825	14648	470
Sum Absolute:	27825	14648	470
Sum Squares:	27516125	7665288	84300
Mean Square:	687903.125	191632.2	2107.5

Inter-Variable Covariance

	X	Y	Z
X:	209239.98	0	-2075.4808
Y:	0	59004.882	-2823.4359
Z:	-2075.4808	-2823.4359	2019.9359

Inter-Variable Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.101

Y:	0.000	1.000	-0.259
Z:	-0.101	-0.259	1.000

Inter-Variable Rank Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.263
Y:	0.000	1.000	-0.423
Z:	-0.263	-0.423	1.000

Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
X:	-0.000682274643746	-0.000682274643746	0.00999539662901
Y:	0.998781754734	0.998781754734	0.0493454251425
Z:	-0.0493410672034	-0.0493410672034	0.0493454251425
Lambda:	209260.774874	59144.363314	1859.66373507

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

	A	B	C
Parameter Value:	-0.00991914035649	-0.0478508862196	36.1729965441
Standard Error:	0.0155177336296	0.0292217794396	16.7379463269

Inter-Parameter Correlations

	A	B	C
A:	1.000	-0.000	-0.645
B:	-0.000	1.000	-0.639
C:	-0.645	-0.639	1.000

ANOVA Table

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression:	2	6071.94490241	3035.97245121	
	1.54501235214			
Residual:	37	72705.5550976	1965.01500264	
Total:	39	78777.5		

Coefficient of Multiple Determination (R^2): 0.077077146424

Nearest Neighbor Statistics

	Separation	|Delta Z|
1%%-tile:	31	0
5%%-tile:	31	0
10%%-tile:	31	0
25%%-tile:	31	0
50%%-tile:	165	0
75%%-tile:	200	0
90%%-tile:	200	10
95%%-tile:	200	40
99%%-tile:	200	80
Minimum:	31	0
Maximum:	200	220
Mean:	127.15	9
Median:	165	0
Geometric Mean:	92.1787399572	N/A
Harmonic Mean:	62.2575197407	N/A
Root Mean Square:	149.893795736	37.6164857476
Trim Mean (10%%):	125.810810811	1.62162162162
Interquartile Mean:	133.666666667	0
Midrange:	115.5	110
Winsorized Mean:	127.15	1.25
TriMean:	140.25	0
Variance:	6462.59230769	1368.20512821
Standard Deviation:	80.3902500786	36.9892569296
Interquartile Range:	169	0
Range:	169	220
Mean Difference:	83.7384615385	17.4102564103
Median Abs. Deviation:	35	0
Average Abs. Deviation:	69.35	9
Quartile Dispersion:	0.731601731602	N/A
Relative Mean Diff.:	0.658580114341	1.93447293447

Standard Error:	12.7108145959	5.84851504274
Coef. of Variation:	0.632247346273	4.10991743662
Skewness:	-0.333843304768	4.81937057079
Kurtosis:	1.12938927982	26.8255887097
Sum:	5086	360
Sum Absolute:	5086	360
Sum Squares:	898726	56600
Mean Square:	22468.15	1415

Complete Spatial Randomness

Lambda:	4.64406169636e-005
Clark and Evans:	1.73298718221
Skellam:	262.243755113

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	1

Search Parameters

No Search (use all data):	true
---------------------------	------

Output Grid

Grid File Name:	C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO JP&TMPROGRAMA ISCST3\SIMULACIONES\MARZO.grd
Grid Size:	47 rows x 100 columns
Total Nodes:	4700
Filled Nodes:	4700
Blanked Nodes:	0
Blank Value:	1.70141E+038

Grid Geometry

X Minimum:	0
X Maximum:	1365

X Spacing:	13.787878787879
Y Minimum:	0
Y Maximum:	631
Y Spacing:	13.717391304348

Univariate Grid Statistics

	Z
Count:	4700
1%%-tile:	-4.13974704735
5%%-tile:	-2.72250277294
10%%-tile:	-1.85868211264
25%%-tile:	-0.581627595624
50%%-tile:	-0.00140155309259
75%%-tile:	10.7837666761
90%%-tile:	76.3647529442
95%%-tile:	112.298730254
99%%-tile:	185.178851551
Minimum:	-5.58906399206
Maximum:	246.031304545
Mean:	17.9001290008
Median:	-0.00126812174452
Geometric Mean:	N/A
Harmonic Mean:	N/A
Root Mean Square:	44.2681564899
Trim Mean (10%%):	11.4999701222
Interquartile Mean:	1.04199531929
Midrange:	120.221120277
Winsorized Mean:	13.1482531512
TriMean:	2.54983399357
Variance:	1639.60391266
Standard Deviation:	40.4920228275
Interquartile Range:	11.3653942717
Range:	251.620368537
Mean Difference:	31.6092096487
Median Abs. Deviation:	1.29985635944
Average Abs. Deviation:	18.9089272173
Quartile Dispersion:	N/A
Relative Mean Diff.:	N/A
Standard Error:	0.590636856546
Coef. of Variation:	N/A
Skewness:	2.65588129709

Kurtosis:	10.034903376
Sum:	84130.606304
Sum Absolute:	88871.9782204
Sum Squares:	9210447.49136
Mean Square:	1959.66967901

Anexo 12. Grid Report de la Simulación en Surfer para abril

Gridding Report

Thu Aug 06 07:27:36 2015
Elapsed time for gridding: 0.00 seconds

Data Source

Source Data File Name: C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO
JP&TM\PROGRAMA ISCST3\SIMULACIONES\ABRIL.csv
X Column: A
Y Column: B
Z Column: C

Data Counts

Active Data:	40
Original Data:	40
Excluded Data:	0
Deleted Duplicates:	0
Retained Duplicates:	0
Artificial Data:	0
Superseded Data:	0

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep:	First
X Duplicate Tolerance:	0.00016
Y Duplicate Tolerance:	7.5E-005

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Data Counts

Active Data: 40

Univariate Statistics

	X	Y	Z
Count:	40	40	40
1%%-tile:	0	0	0
5%%-tile:	0	0	0
10%%-tile:	0	0	0
25%%-tile:	200	200	0
50%%-tile:	600	400	0
75%%-tile:	1000	600	0
90%%-tile:	1365	631	10
95%%-tile:	1365	631	40
99%%-tile:	1365	631	140
Minimum:	0	0	0
Maximum:	1365	631	280
Mean:	695.625	366.2	12.5
Median:	700	400	0
Geometric Mean:	N/A	N/A	N/A
Harmonic Mean:	N/A	N/A	N/A
Root Mean Square:	829.399255486	437.758152408	50.049975025
Trim Mean (10%%):	678.243243243	361.783783784	2.16216216216
Interquartile Mean:	676.19047619	390.476190476	0
Midrange:	682.5	315.5	140
Winsorized Mean:	695.625	366.2	1.5
TriMean:	600	400	0
Variance:	209239.983974	59004.8820513	2408.97435897
Standard Deviation:	457.427572381	242.909205365	49.0813035582
Interquartile Range:	800	400	0
Range:	1365	631	280
Mean Difference:	530.608974359	272.738461538	24.0512820513
Median Abs. Deviation:	400	200	0

Average Abs. Deviation:	395.625	206.2	12.5
Quartile Dispersion:	N/A	N/A	N/A
Relative Mean Diff.:	0.762780196742	0.744780069739	1.9241025641
Standard Error:	72.3256496643	38.4073176788	7.76043548871
Coef. of Variation:	0.657577821931	0.663323881391	3.92650428466
Skewness:	-0.0359133678313	-0.311354420006	4.47596783073
Kurtosis:	1.64566079803	1.5310554807	23.2027471578
Sum:	27825	14648	500
Sum Absolute:	27825	14648	500
Sum Squares:	27516125	7665288	100200
Mean Square:	687903.125	191632.2	2505

Inter-Variable Covariance

	X	Y	Z
X:	209239.98	0	-2149.0385
Y:	0	59004.882	-3053.8462
Z:	-2149.0385	-3053.8462	2408.9744

Inter-Variable Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.096
Y:	0.000	1.000	-0.256
Z:	-0.096	-0.256	1.000

Inter-Variable Rank Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.208
Y:	0.000	1.000	-0.399
Z:	-0.208	-0.399	1.000

Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
X:	-0.000768933947449	-0.000768933947449	0.010365410153
Y:	0.998557037353	0.998557037353	0.0537010106612
Z:	-0.0536959206388	-0.0536959206388	0.0537010106612
Lambda:	209262.317442	59169.0980896	2222.42485287

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

	A	B	C
Parameter Value:	-0.010270687374	-0.0517558216826	38.5975288047
Standard Error:	0.0169674672296	0.0319518041015	18.3016774595

Inter-Parameter Correlations

	A	B	C
A:	1.000	-0.000	-0.645
B:	-0.000	1.000	-0.639
C:	-0.645	-0.639	1.000

ANOVA Table

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression:	2	7024.93034792	3512.46517396	
	1.49509470578			
Residual:	37	86925.0696521	2349.32620681	
Total:	39	93950		

Coefficient of Multiple Determination (R^2): 0.0747730744856

Nearest Neighbor Statistics

Separation	|Delta Z|
------------	---------

1%%-tile:	31	0
5%%-tile:	31	0
10%%-tile:	31	0
25%%-tile:	31	0
50%%-tile:	165	0
75%%-tile:	200	0
90%%-tile:	200	10
95%%-tile:	200	40
99%%-tile:	200	100
Minimum:	31	0
Maximum:	200	240
Mean:	127.15	10.5
Median:	165	0
Geometric Mean:	92.1787399572	N/A
Harmonic Mean:	62.2575197407	N/A
Root Mean Square:	149.893795736	41.7731971484
Trim Mean (10%%):	125.810810811	2.16216216216
Interquartile Mean:	133.666666667	0
Midrange:	115.5	120
Winsorized Mean:	127.15	1.5
TriMean:	140.25	0
Variance:	6462.59230769	1676.66666667
Standard Deviation:	80.3902500786	40.9471203709
Interquartile Range:	169	0
Range:	169	240
Mean Difference:	83.7384615385	20.1538461538
Median Abs. Deviation:	35	0
Average Abs. Deviation:	69.35	10.5
Quartile Dispersion:	0.731601731602	N/A
Relative Mean Diff.:	0.658580114341	1.91941391941
Standard Error:	12.7108145959	6.47430819985
Coef. of Variation:	0.632247346273	3.89972574961
Skewness:	-0.333843304768	4.65806246704
Kurtosis:	1.12938927982	25.2515551151
Sum:	5086	420
Sum Absolute:	5086	420
Sum Squares:	898726	69800
Mean Square:	22468.15	1745

Complete Spatial Randomness

Lambda:	4.64406169636e-005
Clark and Evans:	1.73298718221
Skellam:	262.243755113

Gridding Rules

Gridding Method: Kriging
Kriging Type: Point

Polynomial Drift Order: 0
Kriging std. deviation grid: no

Semi-Variogram Model

Component Type: Linear
Anisotropy Angle: 0
Anisotropy Ratio: 1
Variogram Slope: 1

Search Parameters

No Search (use all data): true

Output Grid

Grid File Name: C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO
JP&TM\PROGRAMA ISCST3\SIMULACIONES\ABRIL.grd
Grid Size: 47 rows x 100 columns
Total Nodes: 4700
Filled Nodes: 4700
Blanked Nodes: 0
Blank Value: 1.70141E+038

Grid Geometry

X Minimum: 0
X Maximum: 1365
X Spacing: 13.787878787879

Y Minimum: 0
Y Maximum: 631
Y Spacing: 13.717391304348

Univariate Grid Statistics

	Z
<hr/>	
Count:	4700
1%%-tile:	-4.47839893148
5%%-tile:	-2.94669260698
10%%-tile:	-2.18287563361
25%%-tile:	-1.03485545081

50%%-tile:	-0.0631216253705
75%%-tile:	8.99867391652
90%%-tile:	82.7201157787
95%%-tile:	123.609306228
99%%-tile:	199.11611411

Minimum:	-6.00374402693
Maximum:	264.934347883

Mean:	18.8093611966
Median:	-0.0630833150039
Geometric Mean:	N/A
Harmonic Mean:	N/A
Root Mean Square:	47.8012012688
Trim Mean (10%%):	11.8490644926
Interquartile Mean:	0.389210271645
Midrange:	129.465301928
Winsorized Mean:	13.6297565712
TriMean:	1.95939380374

Variance:	1931.57374726
Standard Deviation:	43.9496728914
Interquartile Range:	10.0335293673
Range:	270.93809191
Mean Difference:	33.9071860003
Median Abs. Deviation:	1.31959562178
Average Abs. Deviation:	20.1185515787
Quartile Dispersion:	N/A
Relative Mean Diff.:	N/A

Standard Error:	0.641071866263
Coef. of Variation:	N/A
Skewness:	2.64776503548
Kurtosis:	9.9044756847

Sum:	88403.997624
Sum Absolute:	94577.052434
Sum Squares:	10739287.7609
Mean Square:	2284.95484274

Anexo 13. Grid Report de la Simulación en Surfer para mayo

Gridding Report

Thu Aug 06 07:37:33 2015
Elapsed time for gridding: 0.01 seconds

Data Source

Source Data File Name: C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO
JP&TM\PROGRAMA ISCST3\SIMULACIONES\MAYO.csv
X Column: A
Y Column: B
Z Column: C

Data Counts

Active Data: 40
Original Data: 40
Excluded Data: 0
Deleted Duplicates: 0
Retained Duplicates: 0
Artificial Data: 0
Superseded Data: 0

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep: First
X Duplicate Tolerance: 0.00016
Y Duplicate Tolerance: 7.5E-005

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Data Counts

Active Data: 40

Univariate Statistics

	X	Y	Z
Count:	40	40	40

1%%-tile:	0	0	0
5%%-tile:	0	0	0
10%%-tile:	0	0	0
25%%-tile:	200	200	0
50%%-tile:	600	400	0
75%%-tile:	1000	600	0
90%%-tile:	1365	631	20
95%%-tile:	1365	631	40
99%%-tile:	1365	631	130
Minimum:	0	0	0
Maximum:	1365	631	290
Mean:	695.625	366.2	13.25
Median:	700	400	0
Geometric Mean:	N/A	N/A	N/A
Harmonic Mean:	N/A	N/A	N/A
Root Mean Square:	829.399255486	437.758152408	50.9165984724
Trim Mean (10%%):	678.243243243	361.783783784	2.97297297297
Interquartile Mean:	676.19047619	390.476190476	0
Midrange:	682.5	315.5	145
Winsorized Mean:	695.625	366.2	3.25
TriMean:	600	400	0
Variance:	209239.983974	59004.8820513	2478.91025641
Standard Deviation:	457.427572381	242.909205365	49.7886559008
Interquartile Range:	800	400	0
Range:	1365	631	290
Mean Difference:	530.608974359	272.738461538	25.141025641
Median Abs. Deviation:	400	200	0
Average Abs. Deviation:	395.625	206.2	13.25
Quartile Dispersion:	N/A	N/A	N/A
Relative Mean Diff.:	0.762780196742	0.744780069739	1.89743589744
Standard Error:	72.3256496643	38.4073176788	7.87227771425
Coef. of Variation:	0.657577821931	0.663323881391	3.75763440761
Skewness:	-0.0359133678313	-0.311354420006	4.60474897654
Kurtosis:	1.64566079803	1.5310554807	24.6273930287
Sum:	27825	14648	530
Sum Absolute:	27825	14648	530
Sum Squares:	27516125	7665288	103700
Mean Square:	687903.125	191632.2	2592.5

Inter-Variable Covariance

X	Y	Z
---	---	---

X:	209239.98	0	-2325.1603
Y:	0	59004.882	-3027.8462
Z:	-2325.1603	-3027.8462	2478.9103

Inter-Variable Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.102
Y:	0.000	1.000	-0.250
Z:	-0.102	-0.250	1.000

Inter-Variable Rank Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.284
Y:	0.000	1.000	-0.403
Z:	-0.284	-0.403	1.000

Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
X:	-0.000825849329285	-0.000825849329285	0.0112187504691
Y:	0.998578041618	0.998578041618	0.053308943315
Z:	-0.0533030277866	-0.0533030277866	0.053308943315
Lambda:	209266.136295	59166.5052404	2291.13474663

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

	A	B	C
Parameter Value:	-0.0111124088821	-0.0513151801781	39.7716884098
Standard Error:	0.0172275389039	0.0324415506899	18.5821994629

Inter-Parameter Correlations

	A	B	C
A:	1.000	-0.000	-0.645
B:	-0.000	1.000	-0.639
C:	-0.645	-0.639	1.000

ANOVA Table

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression:	2	7067.29149445	3533.64574722	
	1.45904015656			
Residual:	37	89610.2085056	2421.89752718	
Total:	39	96677.5		

Coefficient of Multiple Determination (R^2): 0.0731017195774

Nearest Neighbor Statistics

	Separation	|Delta Z|
1%%-tile:	31	0
5%%-tile:	31	0
10%%-tile:	31	0
25%%-tile:	31	0
50%%-tile:	165	0
75%%-tile:	200	0
90%%-tile:	200	10
95%%-tile:	200	40
99%%-tile:	200	90
Minimum:	31	0
Maximum:	200	250
Mean:	127.15	10.25
Median:	165	0
Geometric Mean:	92.1787399572	N/A
Harmonic Mean:	62.2575197407	N/A
Root Mean Square:	149.893795736	42.5734659148
Trim Mean (10%%):	125.810810811	1.89189189189
Interquartile Mean:	133.666666667	0
Midrange:	115.5	125

Winsorized Mean:	127.15	1.5
TriMean:	140.25	0
Variance:	6462.59230769	1751.21794872
Standard Deviation:	80.3902500786	41.8475560663
Interquartile Range:	169	0
Range:	169	250
Mean Difference:	83.7384615385	19.7564102564
Median Abs. Deviation:	35	0
Average Abs. Deviation:	69.35	10.25
Quartile Dispersion:	0.731601731602	N/A
Relative Mean Diff.:	0.658580114341	1.92745465916
Standard Error:	12.7108145959	6.61667958405
Coef. of Variation:	0.632247346273	4.08268839671
Skewness:	-0.333843304768	4.87068766062
Kurtosis:	1.12938927982	27.2727725421
Sum:	5086	410
Sum Absolute:	5086	410
Sum Squares:	898726	72500
Mean Square:	22468.15	1812.5

Complete Spatial Randomness

Lambda:	4.64406169636e-005
Clark and Evans:	1.73298718221
Skellam:	262.243755113

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	1

Search Parameters

No Search (use all data):	true
---------------------------	------

Output Grid

Grid File Name: C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO
 JP&TM\PROGRAMA ISCST3\SIMULACIONES\MAYO.grd
 Grid Size: 47 rows x 100 columns
 Total Nodes: 4700
 Filled Nodes: 4700
 Blanked Nodes: 0
 Blank Value: 1.70141E+038

Grid Geometry

X Minimum: 0
 X Maximum: 1365
 X Spacing: 13.787878787879

 Y Minimum: 0
 Y Maximum: 631
 Y Spacing: 13.717391304348

Univariate Grid Statistics

	Z
Count:	4700
1%%-tile:	-4.64727719059
5%%-tile:	-2.86421932392
10%%-tile:	-1.39719569503
25%%-tile:	-0.335067555379
50%%-tile:	0.0388341885252
75%%-tile:	13.5235495126
90%%-tile:	84.4323703894
95%%-tile:	123.734497469
99%%-tile:	206.268379561
Minimum:	-6.24303075308
Maximum:	274.672400564
Mean:	20.470913996
Median:	0.0389483436504
Geometric Mean:	N/A
Harmonic Mean:	N/A
Root Mean Square:	49.3221171855
Trim Mean (10%%):	13.396375639
Interquartile Mean:	1.775596625
Midrange:	134.214684905
Winsorized Mean:	15.208248141
TriMean:	3.31653758357
Variance:	2014.04144329

Standard Deviation:	44.8780730791
Interquartile Range:	13.858617068
Range:	280.915431317
Mean Difference:	35.3189774535
Median Abs. Deviation:	1.36815939024
Average Abs. Deviation:	21.3063456737
Quartile Dispersion:	N/A
Relative Mean Diff.:	N/A
Standard Error:	0.654613974812
Coef. of Variation:	N/A
Skewness:	2.65790994758
Kurtosis:	10.1140205919
Sum:	96213.295781
Sum Absolute:	100150.249447
Sum Squares:	11433554.8452
Mean Square:	2432.67124366

Anexo 14. Grid Report de la Simulación en Surfer para junio

Gridding Report

Mon Aug 03 00:40:08 2015

Elapsed time for gridding: 0.01 seconds

Data Source

Source Data File Name: C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO
 JP&TM\PROGRAMA ISCST3\IMAGENES BASE\SIMULACIONES\JUNIO.csv
 X Column: A
 Y Column: B
 Z Column: C

Data Counts

Active Data:	40
Original Data:	40
Excluded Data:	0
Deleted Duplicates:	0
Retained Duplicates:	0
Artificial Data:	0
Superseded Data:	0

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep: First
X Duplicate Tolerance: 0.00016
Y Duplicate Tolerance: 7.5E-005

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Data Counts

Active Data: 40

Univariate Statistics

	X	Y	Z
Count:	40	40	40
1%%-tile:	0	0	0
5%%-tile:	0	0	0
10%%-tile:	0	0	0
25%%-tile:	200	200	0
50%%-tile:	600	400	0
75%%-tile:	1000	600	0
90%%-tile:	1365	631	20
95%%-tile:	1365	631	50
99%%-tile:	1365	631	130
Minimum:	0	0	0
Maximum:	1365	631	300
Mean:	695.625	366.2	13.75
Median:	700	400	0
Geometric Mean:	N/A	N/A	N/A
Harmonic Mean:	N/A	N/A	N/A
Root Mean Square:	829.399255486	437.758152408	52.5594901041
Trim Mean (10%%):	678.243243243	361.783783784	3.24324324324

Interquartile Mean:	676.19047619	390.476190476	0
Midrange:	682.5	315.5	150
Winsorized Mean:	695.625	366.2	3.25
TriMean:	600	400	0
Variance:	209239.983974	59004.8820513	2639.42307692
Standard Deviation:	457.427572381	242.909205365	51.3753158328
Interquartile Range:	800	400	0
Range:	1365	631	300
Mean Difference:	530.608974359	272.738461538	26.0897435897
Median Abs. Deviation:	400	200	0
Average Abs. Deviation:	395.625	206.2	13.75
Quartile Dispersion:	N/A	N/A	N/A
Relative Mean Diff.:	0.762780196742	0.744780069739	1.89743589744
Standard Error:	72.3256496643	38.4073176788	8.12315067711
Coef. of Variation:	0.657577821931	0.663323881391	3.73638660602
Skewness:	-0.0359133678313	-0.311354420006	4.60741586729
Kurtosis:	1.64566079803	1.5310554807	24.7594216049
Sum:	27825	14648	550
Sum Absolute:	27825	14648	550
Sum Squares:	27516125	7665288	110500
Mean Square:	687903.125	191632.2	2762.5

Inter-Variable Covariance

	X	Y	Z
X:	209239.98	0	-2374.1987
Y:	0	59004.882	-3164.359
Z:	-2374.1987	-3164.359	2639.4231

Inter-Variable Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.101
Y:	0.000	1.000	-0.254
Z:	-0.101	-0.254	1.000

Inter-Variable Rank Correlation

	X	Y	Z
X:	1.000	0.000	-0.284
Y:	0.000	1.000	-0.403
Z:	-0.284	-0.403	1.000

Principal Component Analysis

	PC1	PC2	PC3
X:	-0.000883490846537	-0.000883490846537	0.0114617118004
Y:	0.998439345536	0.998439345536	0.0558463490767
Z:	-0.0558398847529	-0.0558398847529	0.0558463490767
Lambda:	209267.272832	59181.8556864	2435.16058391

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

	A	B	C
Parameter Value:	-0.0113467735604	-0.0536287653555	41.2819532312
Standard Error:	0.0177631194389	0.0334501139659	19.159894535

Inter-Parameter Correlations

	A	B	C
A:	1.000	-0.000	-0.645
B:	-0.000	1.000	-0.639
C:	-0.645	-0.639	1.000

ANOVA Table

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression:	2	7668.96624689	3834.48312344	
	1.48922073195			
Residual:	37	95268.5337531	2574.82523657	
Total:	39	102937.5		

Coefficient of Multiple Determination (R^2):

0.0745011900123

Nearest Neighbor Statistics

	Separation	|Delta Z|
1%%-tile:	31	0
5%%-tile:	31	0
10%%-tile:	31	0
25%%-tile:	31	0
50%%-tile:	165	0
75%%-tile:	200	0
90%%-tile:	200	10
95%%-tile:	200	50
99%%-tile:	200	80
Minimum:	31	0
Maximum:	200	250
Mean:	127.15	10.25
Median:	165	0
Geometric Mean:	92.1787399572	N/A
Harmonic Mean:	62.2575197407	N/A
Root Mean Square:	149.893795736	42.33792626
Trim Mean (10%%):	125.810810811	2.16216216216
Interquartile Mean:	133.666666667	0
Midrange:	115.5	125
Winsorized Mean:	127.15	1.5
TriMean:	140.25	0
Variance:	6462.59230769	1730.70512821
Standard Deviation:	80.3902500786	41.6017442928
Interquartile Range:	169	0
Range:	169	250
Mean Difference:	83.7384615385	19.7307692308
Median Abs. Deviation:	35	0
Average Abs. Deviation:	69.35	10.25
Quartile Dispersion:	0.731601731602	N/A
Relative Mean Diff.:	0.658580114341	1.92495309568
Standard Error:	12.7108145959	6.57781333006
Coef. of Variation:	0.632247346273	4.05870676028
Skewness:	-0.333843304768	4.91191217117
Kurtosis:	1.12938927982	27.7973288866

Sum:	5086	410
Sum Absolute:	5086	410
Sum Squares:	898726	71700
Mean Square:	22468.15	1792.5

Complete Spatial Randomness

Lambda:	4.64406169636e-005
Clark and Evans:	1.73298718221
Skellam:	262.243755113

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point

Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	1

Search Parameters

No Search (use all data):	true
---------------------------	------

Output Grid

Grid File Name:	C:\Users\Jeam Paul Arcon\Dropbox\TRABAJO DE GRADO JP&TM\PROGRAMA ISCST3\IMAGENES BASE\SIMULACIONES\JUNIO.grd
Grid Size:	47 rows x 100 columns
Total Nodes:	4700
Filled Nodes:	4700
Blanked Nodes:	0
Blank Value:	1.70141E+038

Grid Geometry

X Minimum:	0
X Maximum:	1365
X Spacing:	13.787878787879
Y Minimum:	0
Y Maximum:	631
Y Spacing:	13.717391304348

Univariate Grid Statistics

	Z
Count:	4700
1%%-tile:	-4.87132868539
5%%-tile:	-2.99874149576
10%%-tile:	-1.46301880098
25%%-tile:	-0.351610198962
50%%-tile:	0.0318653625925
75%%-tile:	13.5897864149
90%%-tile:	88.0126026789
95%%-tile:	128.704232174
99%%-tile:	214.197543667
Minimum:	-6.55571489691
Maximum:	284.104921097
Mean:	21.1629797786
Median:	0.031874007639
Geometric Mean:	N/A
Harmonic Mean:	N/A
Root Mean Square:	51.1716822537
Trim Mean (10%%):	13.8055992065
Interquartile Mean:	1.75183412874
Midrange:	138.7746031
Winsorized Mean:	15.7413448484
TriMean:	3.32547673529
Variance:	2171.1312944
Standard Deviation:	46.5953999274
Interquartile Range:	13.9413966139
Range:	290.660635994
Mean Difference:	36.6024765178
Median Abs. Deviation:	1.36378589071
Average Abs. Deviation:	22.0454595273
Quartile Dispersion:	N/A
Relative Mean Diff.:	N/A
Standard Error:	0.679663761425
Coef. of Variation:	N/A
Skewness:	2.65732752082
Kurtosis:	10.0909387868
Sum:	99466.0049595
Sum Absolute:	103621.443953
Sum Squares:	12307143.004
Mean Square:	2618.54106468